

VŠB – Technická universita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh modulárního interiéru elektrické jednopodlažní jednotky

Design of Modular Interior of Electric Unit

Student:

Bc. David Čermák

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Externí konzultant:

Ing. Jakub Tížek

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Čermák**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Návrh modulárního interiéru elektrické jednopodlažní jednotky**
Design of Modular Interior of Electric Unit
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je provést variantní návrh interiéru vozidla. Návrh musí odpovídat požadavkům dle TSI.

Postup řešení:

1. Legislativní požadavky dle TSI na interiér vozidla.
2. Rešerše v současnosti používaných řešení interiéru vozidla.
3. Variantní návrh uspořádání interiéru vozidla.
4. Výpočet zatížení od cestujících, pevnostní kontrola police pro zavazadla.
5. Posouzení navržených řešení interiéru vozidla.

Seznam doporučené odborné literatury:

Zákon o dráhách č. 266/1994 Sb a Vyhláška č. 173/1995

Technické specifikace interoperability TSI PRM

Podklady společnosti Škoda Transportation

Müller, J. a kol. Mobilní prostředky, trakční zařízení I. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1999.

Müller, J. a kol. Mobilní prostředky, trakční zařízení II. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1999.

Široký, J. Stavba železničních kolejových vozidel. Dostupné na:

https://issuu.com/michdor/docs/m10_text.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Famfulík, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.května 2019



podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem, VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. David Čermák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lučina 68; 739 39; okr. Frýdek-Místek

Anotace diplomové práce

Bc. Čermák David. *Návrh modulárního interiéru elektrické jednopodlažní jednotky: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2019, 78 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Famfulík Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem řešení interiéru elektrické jednopodlažní jednotky. V úvodu práce jsou definovány platné legislativní požadavky na interiér kolejového vozidla. Dále jsou uvedeny některá řešení nynějších výrobců kolejových vozidel a jejich zhodnocení. Následně jsou definovány hlavní prvky interiéru a požadavky jaké musí splňovat s ohledem na platnou legislativu. Na základě definovaných existujících řešení a platné legislativy, jsou provedeny návrhy řešení interiéru, výběr nejlepšího řešení dle stanovených kritérií a hodnocení jednotlivých návrhů. Následuje výpočet užitečného zatížení od stojících cestujících a zavazadel. Na základě přepravy nadrozměrných zavazadel, je tato práce doplněna o návrh police pro přepravu těchto zavazadel a zjednodušenou pevnostní kontrolu návrhu. Práce je doplněna o výkresovou dokumentaci navržených řešení.

Annotation of the Diploma Thesis

Bc. Čermák David. *Design of Modular Interior of Electric Unit: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Transport Institute, 2019, 78 p. Thesis head: doc. Ing. Jan Famfulík Ph.D.

Diploma thesis deals with the design of interior solutions of electric single-storey unit. In the introduction of the work, the applicable legislative requirements for the interior of the rolling stock are defined. The following are some solutions to the current manufacturers of rolling stock and their evaluation. The main elements of the interior are then defined and the requirements to be met with regard to the legislation in force. Based on defined existing solutions and applicable legislation, designs of interior solutions are made, selection of the best solution according to specified criteria and evaluation of individual designs. The calculation of payload from standing passengers and baggage is followed. On the basis of the carriage of oversized baggage, this work is complemented by the design of the shelf for transporting these baggage and a simplified strength check of the design. The work is complemented by the drawing documentation of the designed solutions.

Obsah diplomové práce

Prohlášení studenta	4
Anotace diplomové práce	6
Annotation of the Diploma Thesis	6
Obsah diplomové práce	7
Seznam zkratek a použitých symbolů	9
1 Úvod	10
1.1 Popis vozidla	10
2 Legislativní požadavky na interiér	11
2.1 UIC	11
2.2 TSI	12
2.3 ČSN EN	14
2.4 Hodnocení vazeb mezi jednotlivými legislativními požadavky	15
2.5 Shrnutí požadavků na interiér vozidla	16
2.5.1 Rozteče sedadel	16
2.5.2 Výška sedáku	18
3 Rešerše současných řešení interiéru vozidla	19
3.1 Siemens MIREO	20
3.2 Stadler FLIRT	21
3.3 Alstom CORADIA	23
4 Popis a funkční požadavky na vybrané komponenty interiéru	24
4.1 Sedadla	24
4.1.1 Vyhrazená sedadla	25
4.1.2 Rozměry volného prostoru vyhrazeného sedadla:	26
4.1.3 Možnosti uspořádání sedadel	27
4.2 Místo pro invalidní vozíky	27
4.2.1 Místo pro invalidní vozík musí splňovat následující požadavky [8]:	28
4.3 Universální toaleta	30
4.3.1 Návrh universální toalety	31
5 Variantní řešení interiéru	34
5.1 Určení variantních řešení	34
5.2 Jednotlivá variantní řešení interiéru	35
5.2.1 Varianta 1.1	35
5.2.2 Varianta 1.2	36

5.2.3	Varianta 1.3.....	37
5.2.4	Varianta 2.1.....	37
5.2.5	Varianta 2.2.....	38
5.2.6	Varianta 3.1.....	39
5.2.7	Varianta 3.2.....	39
5.3	Shrnutí variantních řešení	40
5.4	Vícekritériální hodnocení variant [14]	40
5.5	Vlastní posouzení navržených řešení	44
5.5.1	Varianta 1.....	44
5.5.2	Varianta 2.....	45
5.5.3	Varianta 3.....	46
6	Stanovení plochy pro stání a výpočet zatížení od stojících cestujících a zavazadel....	48
6.1	Stanovení plochy pro stání	48
6.1.1	Stanovení plochy pro stání a zatížení pro Variantu 1.2	49
6.1.2	Stanovení plochy pro stání a zatížení pro Variantu 2.2	50
7	Návrh police pro velkoobjemová zavazadla	51
7.1	Návrh police	51
7.2	Návrh na uzamykání jednotlivých schránek	54
8	Výpočet police pro velkoobjemová zavazadla	55
8.1	Zjednodušený pevnostní výpočet odkládací plochy police.....	55
8.2	Výpočet uchycení police pro velkoobjemová zavazadla	60
8.2.1	Stanovení velikosti zatížení	60
8.2.2	Uchycení police do C-drážek ke stěně vozu [17][18].....	64
8.2.3	Uchycení police do C-drážek k podlaze vozu [17][18]	67
8.2.4	Šroubový spoj police s nosným rámem [17][18].....	69
9	Závěr	73
10	Poděkování.....	74
11	Zdroje.....	75
12	Seznam obrázků.....	77
13	Seznam tabulek	78
14	Seznam příloh	78

Seznam zkratek a použitých symbolů

a.s.	akciová společnost
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
ČSN	Česká státní norma
DC	Stejnoseměrný napájecí systém
EN	Evropská norma
ERA	European Railway Agency (Evropská železniční unie)
Hz	Hertz – jednotka kmitočtu
kg	kilogram
kV	kilovolt – jednotka napětí
m	metr
m ²	metr čtvereční
mm	milimetr
N	Newton
OOSPO	Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace
P-II	Kategorie ucelených vlakových jednotek v ČSN EN 12663-1
PPS	Polyfenylsulfid (materiál pro výrobu vymežovacích podložek)
t	tuna
TSI	Technická specifikace pro interoperabilitu
UIC	Mezinárodní železniční unie

1 Úvod

Téma této diplomové práce [1] vzniklo na základě spolupráce se společností Škoda Vagonka a.s., která na poli kolejových vozidel působí už od roku 1900. Od této doby společnost vyráběla nejrůznější osobní i nákladní kolejová vozidla. Největší změnou prošla společnost po přechodu na zahraničního majitele a oddělení výroby osobních kolejových vozidel, která se ve finále přesunula ze Studénky do Ostravy v roce 2001 kde působí dodnes.

Kolejová doprava je stále na vzestupu a s tím na ni rostou i požadavky. Tyto požadavky vznikají ve třech rovinách. V první rovině jsou to požadavky ze strany právních orgánů. Tyto požadavky se týkají například zlepšení bezpečnosti kolejových vozidel, zpřísnování schvalování kolejových vozidel nebo také přísnějšího definování přístupnosti kolejové dopravy. V druhé rovině jsou to požadavky ze strany cestujících. Požadavky cestujících se především týkají zvyšování komfortu při cestování nebo dodržování aktuálních etických pravidel, jako je zabránění segregace cestujících na invalidním vozíku. V poslední rovině jsou to požadavky ze strany zákazníka nebo dopravce, kupujícího drážní vozidlo. Požadavky z této stany jsou především kladeny na maximalizaci přepravní kapacity a nízkých nákladů na údržbu a provoz. Problém nastává ale v momentě, kdy je nutné dodržet požadavky všech tří rovin, neboť často jsou tyto požadavky protichůdné a nezbyvá než přikročit k určitému kompromisu.

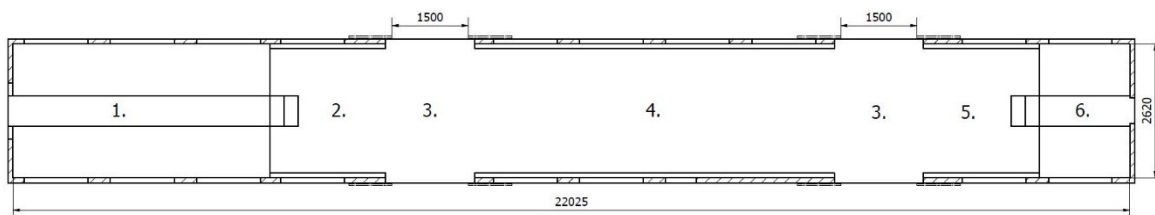
Mým cíle je tedy navrhnout různá variantní řešení interiéru, která budou obsahovat, různá řešení jednotlivých oddílů především s ohledem na platnou legislativu a požadavky zákazníka ale také s ohledem na komfort cestujícího, který vychází s druhu drážní dopravy.

1.1 Popis vozidla

Pro tuto práci bylo zadáno navržení modulárního interiéru pro čelní vůz elektrické jednotky řady 641.

Tato jednotka [1] se vyrábí jako dvou a tří vozová. Pohonný systém je vždy závislé trakce, a to buď jednosystémový (3kV DC) nebo dvousystémový (3kV DC + 25kV 50Hz). Pro pohon je každý vůz osazen trakčním podvozkem se dvěma asynchronními motory. Vůz je pak doplněn běžným podvozkem. Jednotka je koncipována jako regionální s širokými nástupními prostory a průchozím interiérem pro lepší výměnu cestujících. Jednotka je také, za účelem zvýšení komfortu, doplněna o klimatizaci či Wifi připojení.

Složení prostoru interiéru tohoto vozu je na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1 - Prostor pro návrh interiéru

Prostor pro interiér [2] v čelním voze řady 641 je dlouhý 22 m a široký 2,6 m. Vůz má dva nástupní prostory (3) se světlou šířkou 1500 mm. Vůz je dále složen z mezivozového představku s vysokou podlahou (1), z nízkopodlažní části před mezivozovým představkem (2), nízkopodlažní části mezi nástupními prostory (4), nízkopodlažní částí před představkem za kabinou strojvedoucího (5) a představkem za kabinou strojvedoucího s vysokou podlahou (6). Celkový prostor pro návrh interiéru má 57,7 m².

2 Legislativní požadavky na interiér

Interiér drážního vozidla dnes podléhá mnoha legislativním požadavkům. Tyto požadavky jsou vydávány mnoha institucemi jak pro území jednotlivých států, ve kterých platí jejich působnost, až po požadavky mezinárodních organizací, jejichž platné znění norem platí pro veškerá drážní vozidla pohybující se na tratích uvedených vždy v jednotlivých normách.

Ve své práci jsem se zabýval návrhem interiéru dle požadavků norem UIC, TSI a ČSN EN.

2.1 UIC

Jedná se o [3] mezinárodní železniční unii (International Union of Railways), jejíž cílem je koordinovat rozvoj fungování železniční dopravy ve všech členských státech, které se nacházejí na 6. kontinentech světa. Zajišťuje spolupráci mezi jednotlivými zeměmi, jak na úrovni technické, tak i profesní. Tato organizace se zabývá jak oblastmi technického vybavení železničních vozidel a jejich bezpečnostními prvky tak i požadavky na infrastrukturu a provoz drážních vozidel. UIC byla založena roku 1922 a dnes má 201 členů.

Požadavky UIC jsou specifikovány pomocí tzv. kodexů, které vždy obsahují jejich působnost, datum poslední aktualizace s popisem aktualizovaných, obsahem a hlavní částí popisující danou problematiku. Pro zpracování mého tématu jsem využil normu UIC 567, která se zabývá základními ustanoveními pro osobní železniční vozy.

Těmito ustanoveními jsou:

- Konstrukce vozu
- Použité lakování a způsob tažení železničního vozu
- Brzdový systém
- Vstupní prostor – schody, madla, ...
- Uspořádání místa pro cestující
- Uspořádání chodeb
- Uspořádání na koncích vozidla
- Sociální zařízení
- Komunikační systém ve vozidle
- Osvětlení interiéru
- Zásobování vozů energií

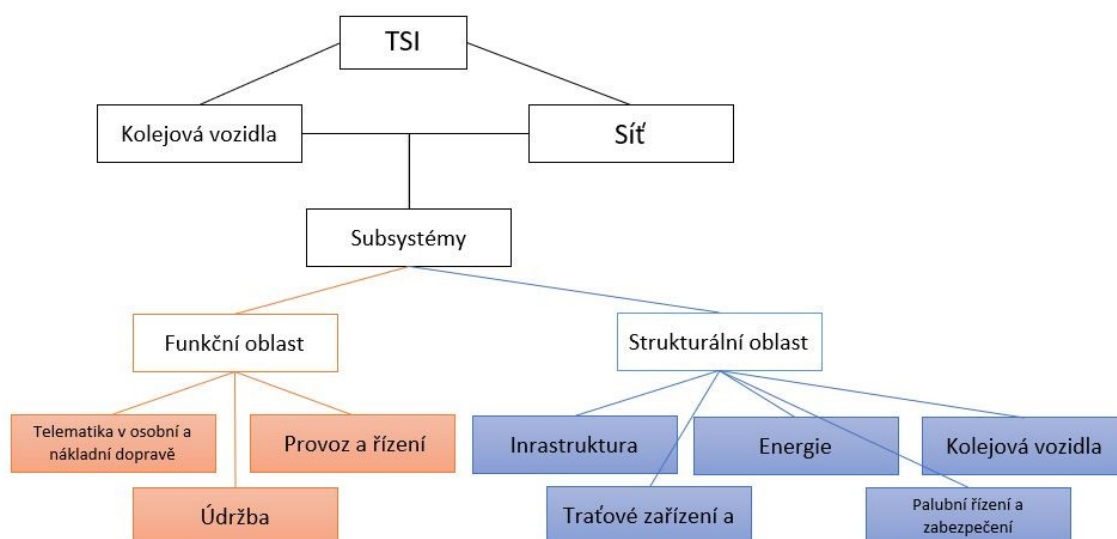
Většina těchto ustanovení je doplněna pouze o poznámku, v jakém dalším kodexu lze dohledat potřebné informace o dané problematice. Norma UIC 567 se především věnuje uspořádání interiéru vozidla, které je doplněno mnoha okótovanými nákresey jednotlivých uzlů. Podle rozměrů, definovaných touto normou, bude zpracována jedna z variant řešení.

2.2 TSI

Celým názvem [7][8] Technical Specification of Interoperability. Jedná se o soubor norem vydávaný organizací ERA neboli Evropskou železniční unií, která tyto specifikace vydává a následně je předkládá ke schválení evropské komisi. Organizace ERA byla založena roku 2004 se sídlem ve Francii.

TSI slouží k zajištění interoperability v transevropském železničním systému. Hlavními cíli vydávaných specifikací je docílit bezpečnosti, spolehlivosti, dostupnosti, ochrany životního prostředí a technické kompatibility v drážní dopravě pro členské země evropské unie.

Normy TSI dělíme do dvou oblastí, a to do oblasti kolejových vozidel a sítí drah pro kolejová vozidla. Obě dvě oblasti se dále dělí na strukturální a funkční oblast. Následně se, tyto oblasti dělí na jednotlivé subsystémy. Subsystémem se rozumí oblast, na kterou se dané TSI vztahuje. Posledním rozdělením TSI je dělení na konvekční a vysokorychlostní železniční systém. Struktura členění konvekčního železničního systému je znázorněna na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1 - Struktura členění TSI pro konvenční železniční systém

Pro vypracování variant řešení v této práci bylo potřeba se detailně seznámit s Nařízením komise č. 1300/2014/EU což je technická specifikace pro interoperabilitu týkající se přístupnosti železničního systému Unie pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (OOSPO).

Struktura těchto specifikací je vždy totožná. V první části jsou specifikovány důvody, proč je tato specifikace vydána, následuje část, která popisuje oblast působení dané specifikace. Dalšími částmi jsou soupisy aktiv, soupisy řešení nebo kdy vstupuje daná specifikace v platnost. Tyto části se nacházejí vždy v úvodu specifikace. Po úvodu, který je v případě TSI 1300/2014/EU složen z 12. článků, následuje obsah specifikace a následně hlavní textová část, ta se skládá z:

- Oblast působnosti
- Základní požadavky
- Popis subsystému
- Prvky interoperability
- Posuzování shody a/nebo vhodnosti pro použití
- Uplatňování TSI
- Dodatky

V této specifikaci je konkrétně uvedeno, jakým způsobem má být sestaven interiér vozidla vzhledem k osobám se zdravotními obtížemi a OOSPO. Přesná definice je uvedena v TSI 1300/2014/EU ve znění:

Osobami OOSO se myslí každá osoba s trvalým či dočasným fyzickým, mentálně, duševním či smyslovým postižením, jež ve spojení s různými překážkami může bránit, aby přepravu využívala plně a efektivně na základě rovnosti s ostatními cestujícími, nebo jejíž pohyb při využívání přepravy je omezen v důsledku věku.

Tato specifikace je nejdůležitějším legislativním požadavkem pro zpracování variantních řešení interiéru vozidla. Konkrétní uzly a jejich charakteristika, vzhledem k TSI 1300/2014/EU, budou specifikovány dále.

2.3 ČSN EN

Jedná se o normy [4][5][6], které vydává Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Zkratka ČSN konkrétně znamená, že se jedná o Českou státní normu. Ve spojení se zkratkou EN je dáno, že tato norma byla převzata z Evropské normy. Většina nově vydaných norem je právě vydáváno tzv. převzetím, které lze provést překladem, převzetím originálu či schválením k přímému používání.

Úkolem České státní technické normy je stanovit požadavky na kvalitu, bezpečnost, slučitelnost, změnitelnost, ochranu zdraví a životního prostředí. V současnosti je technická norma kvalifikovaná jako doporučená, tudíž není povinná a závazná. Její používání je ale výhodné nejen pro spotřebitele, ale i pro výrobce.

V této diplomové práci jsem pracoval s normou ČSN EN 15663 a ČSN EN 12663-1. Jedná se o převzaté normy EN 15663 a EN 12663. Norma ČSN EN 15663 byla vydána organizací CEN v roce 2009, norma ČSN EN 12663-1 byla stejnou organizací vydána v roce 2014. Obě normy byly následně převzaty Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státního zkušebnictví, přičemž mají tyto normy stejný status jako originál.

V případě ČSN EN 15663 se jedná se o normu v Železniční aplikaci pro definování referenčních hmotností vozidla. Tato norma se skládá z:

- Předmluva a úvod
- Předmět normy
- Termíny a definice
- Stanovení vlastní hmotnosti
- Obsluha a provozní hmoty
- Výpočet prostoru k stání
- Užitečné zatížení
- Přílohy

Podle ČSN EN 15663 bude především provedeno stanovení místa pro stojící cestující a následný výpočet užitečného zatížení vozu.

V případě normy ČSN EN 12663-1 se jedná o normu v Železniční aplikaci pro definování pevnostních požadavků na konstrukci skříně kolejového vozidla, konkrétně pro lokomotivy a vozidla osobní dopravy. Norma se skládá z:

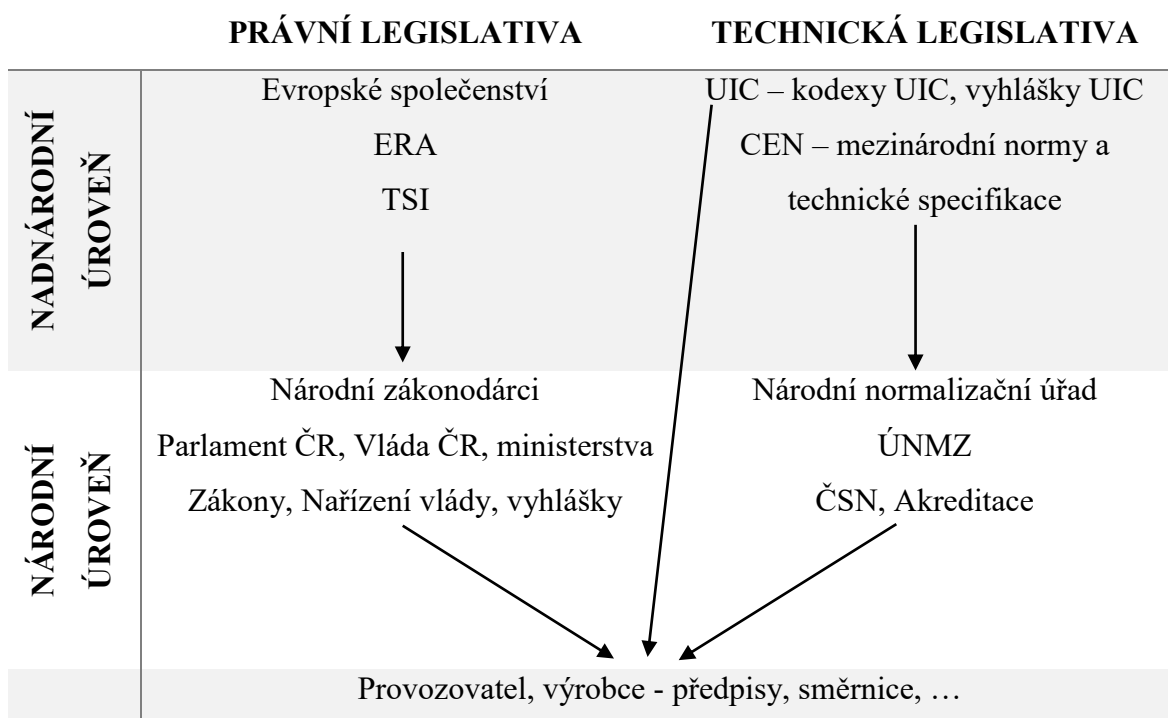
- Úvod, přemluva a citace
- Kategorizace kolejových vozidel
- Tolerance jednotlivých parametrů
- Prokázání statické pevnosti a stability konstrukce
- Definování všech typů konstrukčního zatížení pro různé konstrukční celky
- Definování přípustného zatížení, statická a únavová pevnost
- Zkoušky
- Validace
- Analýzy
- Přílohy

Norma ČSN EN 12663-1 je v mé práci podstatná pro provedení a kontrolu analytického pevnostního výpočtu police pro velkoobjemová zavazadla, která bude uchycena do C-drážek hrubé stavby. Veškeré použité hodnoty a převzaté postupy analýz a validací, které budou převzaty z normy ČSN EN 12663-1 budou uvedeny u příslušného výpočtu.

2.4 Hodnocení vazeb mezi jednotlivými legislativními požadavky

Jednotlivé [8] uvedené legislativní požadavky mají své postavení a vazbu k ostatním normám. V této hierarchii je nejvýše postaveným orgánem ERA, která předkládá návrhy ke vzniku či úpravě specifikací, podle kterých vznikají normy TSI. K této úrovni se též řadí kodexy vydávané organizací UIC, jejíž kodexy jsou ovšem nezávazné a jejich dodržení je stanoveno dohodou mezi výrobcem a spotřebitelem (zákazníkem). Na základě těchto nadnárodních legislativních požadavků se vydávají EN normy a normy národní, v případě České republiky normy ČSN. Které jsou vždy platné ale nezávazné až pro celou Evropskou unii či jen Českou republiku nebo jiný stát (DIN – německá státní norma). Celou hierarchii lze zobrazit následovně:

Tabulka 2.1 - Hierarchie legislativních požadavků [2]



2.5 Shrnutí požadavků na interiér vozidla

V předchozích odstavcích bylo stručně popsáno, jaké jsou legislativní požadavky na interiér vozidla. Tyto požadavky ale nemají vždy povinný charakter nebo striktně stanovené hodnoty, které by měly být dodrženy. Proto, při návrhu interiéru, mnoho rozměrů a parametrů podléhá diskuzi mezi výrobcem a provozovatelem, přičemž musí dojít ke kompromisu mezi legislativními požadavky a požadavky provozovatele.

2.5.1 Rozteče sedadel

Rozměry roztečí sedadel jsou definovány jak normou TSI 1300/2014/EU tak i normou UIC 567. Tyto hodnoty se ovšem neshodují a z tohoto důvodu musí být předně dodržen rozměr daný normou TSI, která je povinná.

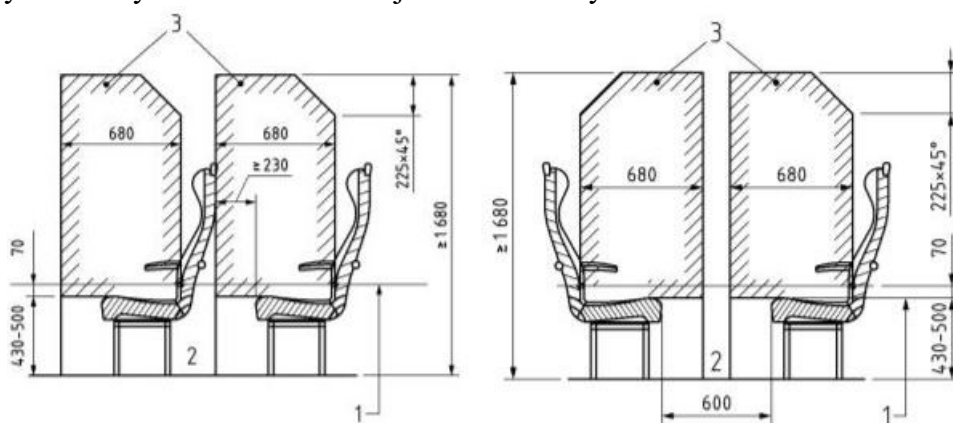
Základním problémem při definování rozteče sedadel se stává různé definování tohoto rozměru v použitých normách. Jedná se o způsob, od jaké části sedadla je rozměr rozteče měřen. Na obrázcích 2.3 a 2.4 lze vidět, že kodex UIC měří rozteč sedadla od zadní části sedadel, naproti tomu norma TSI určuje prostor, který musí být vyhrazen pro cestujícího. Z praxe ale vyplývá, že se především měří rozteč mezi zadními čely sedadel, z důvodů nejlepší měřitelnosti v praxi. V následující tabulce je znázorněno, že hlavním kritériem pro konečný rozměr rozteče sedadel, je požadavek zákazníka, který v tomto případě, jak vyplývá

z praxe, volí rozměr rozteče sedadel tak, aby došlo k maximalizaci počtu sedících cestujících.

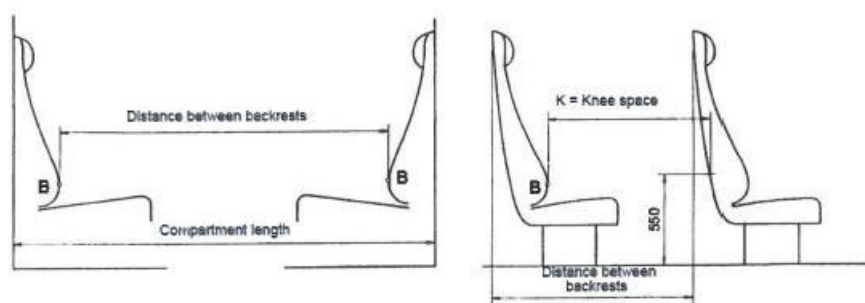
Tabulka 2.2 - Definované rozteče sedadel

	Formace sedadel	Rozměr	
		1.tř	2.tř
TSI 1300/2014/EU	Za sebou	680 mm	
	Naproti sobě	Min. - 1500 mm	
UIC 567	Za sebou	Min. – 790 mm	Min. – 700 mm
	Naproti sobě	Min. – 1450 mm	Min. – 1450 mm
Zákazník	Za sebou	dle TSI	dle TSI
	Naproti sobě	1250 mm	1398 mm

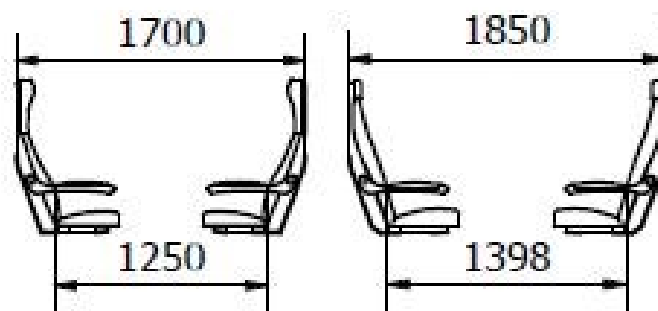
Hodnoty v tabulce odpovídají rozměrům měřeným mezi bederními opěrnými body a zadním čelem sedadel v různých konfiguracích. Přičemž v případě normy TSI nejsou definovány rozdílné hodnoty roztečí v 1. a 2. třídě, protože tyto rozteče platí pro vyhrazená sedadla. V případě rozteče, požadované zákazníkem, byl tento rozměr změřen podle sestavení modelu sedadel do příslušné konfigurace dle zadaných rozměrů sedadel pro 1. a 2. třídu. Tyto modely a změřené rozteče jsou znázorněny na obrázku 2.5.



Obrázek 2.2 - Rozteče sedadel definované dle TSI [TSI 1300/2014/EU]



Obrázek 2.3 - Rozteče sedadel definované dle UIC [UIC 567]



Obrázek 2.4 - Rozteče sedadel 1. a 2.tř. dle požadavků provozovatelů

2.5.2 Výška sedáku

Dalším parametrem, který podléhá diskuzi mezi výrobcem a provozovatelem je stanovení výšky sedáku. V případě tohoto rozměru nevzniká, jako v předchozím případě, problém s rozdílným typem měření tohoto rozměru, ale opět zde dochází k různým hodnotám definovanými legislativou. Rozměry výšky sedáku dané legislativou jsou zobrazeny v následující tabulce 2.3.

Tabulka 2.3 - Rozměr výšky sedáku dle TSI a UIC

	Výška sedáku [mm]
TSI 1300/2014/EU	430-500
UIC 567	390-430

Z hodnot, zobrazených v tabulce, lze vidět, že v tomto případě jsou legislativní požadavky zcela odlišné. Vzhledem k tomu, je opět důležitější vyhovět požadavkům TSI před UIC.

Co se týče požadavků provozovatele, je v tomto případě dbáno především na místo, kde bude jednotka provozována. Výška sedáku se pak nastavuje podle průměrného vzrůstu obyvatel v dané lokalitě. V případě Evropské unie, se výška sedáku pohybuje v intervalu definovaným TSI.

Norma TSI 1300/2014/EU stanovuje výšku sedáku vzhledem k OOSPO. Na základě toho lze v případě potřeby měnit výšku sedáku v rámci jednotky. Této možnosti se ale využívá minimálně, kvůli následné složitosti interiéru. V mém případě jsem výšku sedáku stanovil na 450 mm.

Parametrů, které podléhají diskuzi mezi výrobcem a provozovatelem, je mnohem více, zde jsem uvedl dva, dle mého názoru, nejzásadnější. Mimo tyto dva se například řeší typy sedadel, použité materiály, umístění a typ informačních systémů ale také barevná kombinace či osvětlení interiéru. Všechny tyto parametry podléhají jak legislativním požadavkům, tak již zmiňované diskuzi.

3 Rešerše současných řešení interiéru vozidla

Největší výrobci kolejových vozidel se, co se týče vývoje, a směru jakým se nová vozidla ubírají, v mnohém shodují. Produkce výrobců na poli regionálních jednotek je zaměřena na:

- Maximální spolehlivost a dostupnost
- Bezpečnost a pohodlí
- Minimální náklady na životní cyklus a údržbu
- Efektivitu v provozu
- Možnost využití různých typů trakce bez zásahu do konstrukce
- Atraktivní a efektivní design jak exteriéru, tak i interiéru
- Možnost modulárně přizpůsobovat interiér podle přání zákazníka

Vzhledem k interiéru kolejových vozidel jsou požadavky zákazníka poměrně náročné. Výrobci se pak zabývají nejen kvalitní modularitou, která zaručuje jednoduché přestavění interiéru, ale také aspekty, které přímo či nepřímo souvisí s navyšováním kvality cestování v regionální dopravě. Těmito aspekty jsou například dobře klimatizované a odhlučňené vozy, zástavba vozů kvalitními a pohodlnými sedadly, správně volený design interiéru a jeho barevné schéma ale také například aby byl interiér vzdušný a prostorný a nepůsobil stísněným dojmem. V neposlední řadě musí být interiér také snadno udržovatelný. Samozřejmostí je, že interiér musí splňovat veškeré požadavky dané legislativou.

Pro výrobce, je tedy velice náročné přijít na trh s něčím nestandardním co by zákazníka mohlo zaujmout a zároveň by splňovalo všechny požadavky. V následujících podkapitolách jsou uvedeny tři příklady řešení interiéru výrobců kolejových vozidel a jejich produkty na poli regionální dopravy, které typově odpovídají vozidlu, pro které budu následně tvořit různé varianty řešení interiéru. Těmito jednotkami jsou Siemens MIREO, Stadler FLIRT a Alstom CORADIA.

3.1 Siemens MIREO

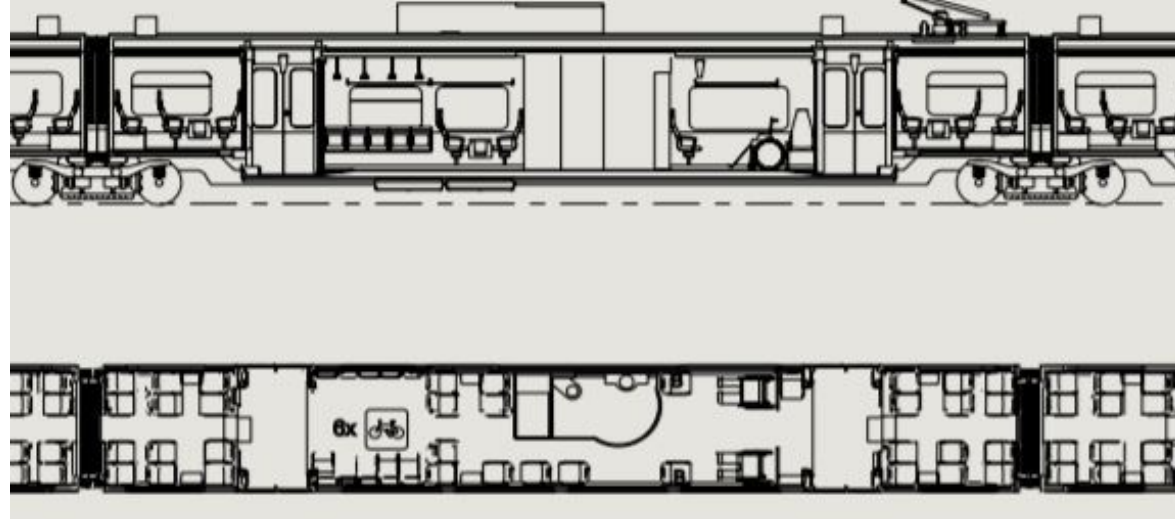
Regionální jednotka MIREO [9] od společnosti Siemens je odpověď na stále vzrůstající poptávku po cestování vlakem. MIREO je jednotka, která má co možná nejlépe kombinovat požadavky kupujících, provozovatelů a cestujících. Jednotka byla vyvinuta s cílem maximálně snížit energetickou náročnost na provoz. Zároveň však poukazuje na to, že i když



Obrázek 3.1 - Siemens MIREO [10]

je tato platforma lehčí než minulá generace, regionální jednotky od společnosti Siemens, je dosaženo zvýšeného komfortu pro cestující, čehož bylo dosaženo nové generace klimatizace, která se řídí dle hladiny CO₂ v interiéru, většího prostoru mezi sedadly nebo kvalitním infotainmentem. Stavba vozidla je tvořená hliníkovou integrální skříní,

která je doplněna o kompozitní díly zvyšující aerodynamiku vozidla a vylepšenými podvozky typu Jacobs s novými ložisky SF7500, tato konstrukční řešení zároveň přispívají ke snížení hluku v interiéru a snížení odporových sil jednotky.



Obrázek 3.2 - Multifunkční prostor vloženého vozu Siemens MIREO [9]

pro přepravu až šesti jízdních kol. Dále zde lze vidět, že v místě, kde je možno převážet jízdní kola je umístěno 10 sklopných sedadel, plus další dvě jsou umístěna za místy pro invalidní vozík. V tomto vloženém voze nachází celkem 35 plnohodnotných sedadel z čehož dvě jsou označena jako sedadla pro osoby se zdravotními obtížemi a omezenou schopností pohybu a orientace.

Tabulka 3.1 - Obsaditelnost vloženého vozu Siemens MIREO

Celková obsaditelnost vloženého vozu	
Plnohodnotná sedadla/pro osoby se sníženou pohyblivostí	35/2
Sklopná sedadla	4
Počet míst pro invalidní vozíky/kočárky	2
Počet jízdních kol	max. 6ks

3.2 Stadler FLIRT

Jedná se také o jednopodlažní [11][12] regionální jednotku, kterou společnost Stadler prezentuje jako maximálně přizpůsobivou a flexibilní ve vztahu k požadavkům zákazníka. Tato nízkopodlažní jednotka je jako v případě jednotky MIREO, také tvořena lehkou hliníkovou integrální stavbou, především vzhledem ke snížení hmotnosti a tím pádem i



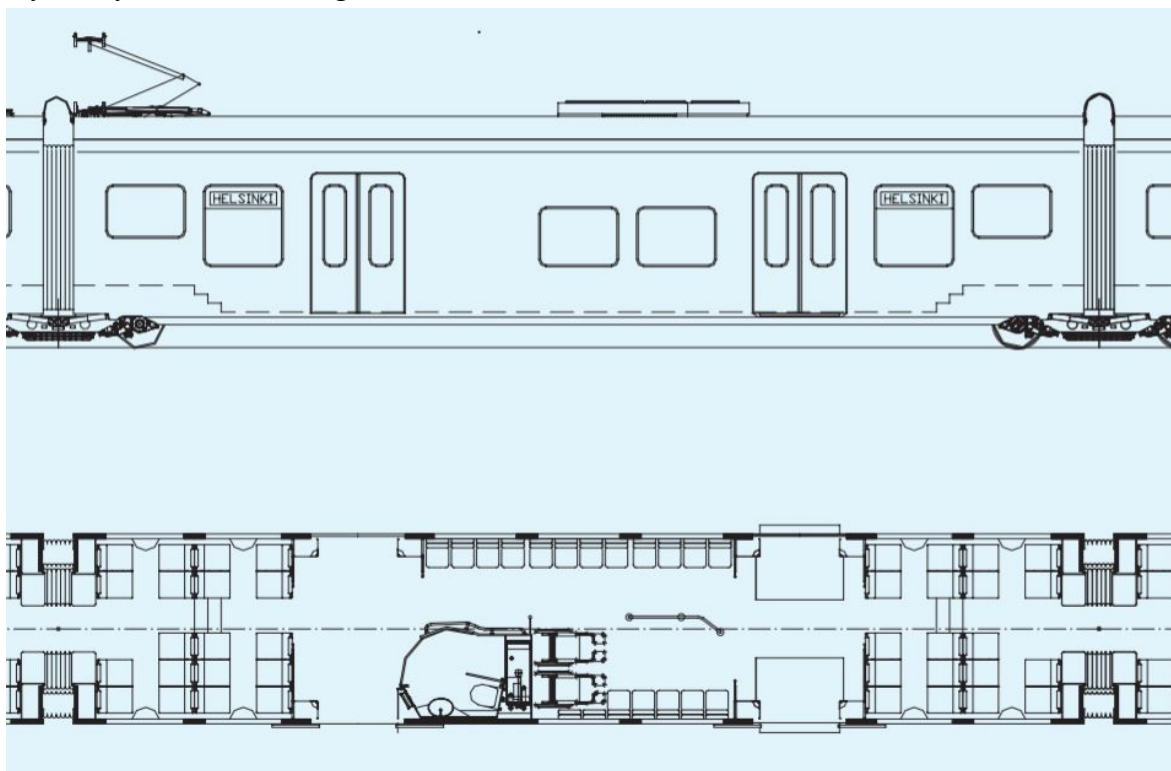
Obrázek 3.3 - Stadler FLIRT [10]

snížení energetické náročnosti a s tím spojené snížení nákladů na provoz. Jednotku FLIRT může tvořit až šest vozů. Stadler u této jednotky poukazuje na její výhodnost pro regionální dopravu tím, že jednotka je osazena podvozky s pneumatickým odpružením, které zaručují maximální komfort i při maximální

rychlosti, která je 160 km/h, dále pak tím, že druhá třída je stoprocentně bezbariérová. Stadler též poukazuje na rychlou výměnu cestujících díky čtveřici dveří na každé straně jednotky nebo na dělenou klimatizační jednotku mezi kabinou strojvedoucího a prostoru pro cestující. Tuto jednotku Stadler nabízí v téměř jakékoli pohonné konfiguraci, vždy záleží na

přání zákazníka. Různými konfiguracemi je myšleno, zda je jednotka plně elektrifikována nebo její pohonný systém tvoří dieselový agregát nebo je jednotka osazena určitým stupněm hybridního pohonu.

Multifunkční prostor jednotky Stadler FLIRT je znázorněn na obrázku 3.4. Konkrétně se jedná o konfiguraci pro jednotku provozovanou na regionálních tratích poblíž města Helsinky. Na vyobrazeném schématu můžeme vidět, že multifunkční prostor je tvořen univerzální toaletou umístěnou v prostoru mezi dveřmi, přičemž na tuto buňku navazují dvě místa pro invalidní vozíky. V mezidveřním prostoru, kolem univerzální buňky, jsou rozmístěny, v obvodu tohoto prostoru, sklopná sedadla. Tento prostor je dále doplněn o středové madlo pro stojící cestující. Na obou představech tohoto vloženého vozu se nachází čtyři řady sedadel v konfiguracích 2+2 a 2+3.



Obrázek 3.4 - Multifunkční prostor vloženého vozu Stadler FLIRT [11]

Tabulka 3.2 -Obsaditelnost vloženého vozu Stadler FLIRT

Celková obsaditelnost vloženého vozu	
Plnohodnotná sedadla/pro osoby se sníženou pohyblivostí	38/-
Sklopná sedadla	19
Počet míst pro invalidní vozíky/kočárky	2

3.3 Alstom CORADIA

Jedná se o jednopodlažní [13][2] jednotku určenou především pro regionální dopravu. Vozy jsou opět integrální konstrukce, pro zajištění nízké hmotnosti, s doplněním o kompozitní prvky, především na čelech jednotky. Coradia je osazena jacobsovy podvozky, pro získání větší nízkopodlažní plochy. Alstom vyrábí tuto jednotku v sedmi

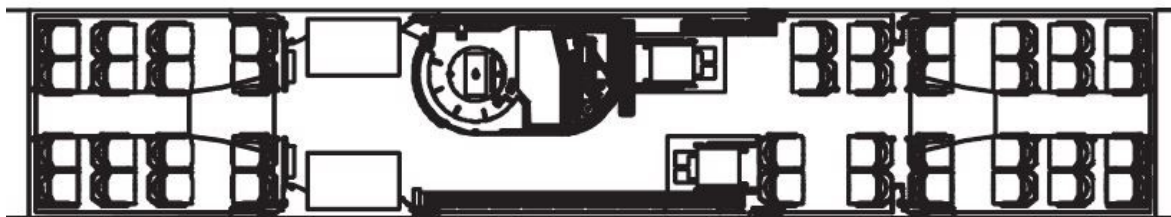


Obrázek 3.5 - Alstom CORADIA [10]

různých variantách. Důvodem je se co nejvíce přiblížit různým požadavkům zákazníků. Jednotlivé varianty se od sebe liší různými kapacitami, různými konfiguracemi trakčních podvozků ale i různými počty vozů. Alstom u této jednotky poukazuje na

všestrannost, což dokazuje množství jednotek, které se pohybují po celé Evropě. Stejně jako Stadler se i Alstom snaží prosadit pomocí různých pohonných systémů. Jednotku Coradia lze osadit dieslovým motorem, elektrickým pohonným ústrojím, pro různé trakční systémy nebo také duálním pohonem. Alstom také pro pohon řady Coradia vyvinul pohonný systém využívající technologii palivových článků poháněných vodíkem, čímž jednotka získá nezávislou trakci a zároveň produkuje nulové emise. Alstom dále poukazuje na stoprocentní podíl nízkopodlažních nástupních prostorů, vysokou kvalitu cestování, díky využití moderních technologií, vybavením jednotky velkými okny, elektrickými zásuvkami pro cestující a dalších prvků zvyšujících komfort.

Multifunkční prostor jednotky Alstom CORADIA je znázorněn na obrázku 3.6. Z uvedeného nákresu lze rozpoznat, že v této konfiguraci je jednotka vybavena dvěma místy pro invalidní vozíky, které jsou umístěny za universální toaletní buňkou, proti sobě. Dále můžeme vidět, že v celé délce přístupové cesty jsou umístěna sklopná sedadla, která jsou



Obrázek 3.6 - Multifunkční prostor vloženého vozu Alstom CORADIA [2]

také umístěna na stěnách vozu, v místech pro invalidní vozíky. Zbýlý prostor vozu je doplněn o sedadla 2. třídy v konfiguraci 2+2, a to jak v nízkopodlažní části, tak i v oddíle s vysokou podlahou.

Tabulka 3.3 – Obsaditelnost vloženého vozu Alstom CORADIA

Celková obsaditelnost vloženého vozu	
Plnohodnotná sedadla/pro osoby se sníženou pohyblivostí	40/-
Sklopná sedadla	cca 13
Počet míst pro invalidní vozíky/kočárky	2

4 Popis a funkční požadavky na vybrané komponenty interiéru

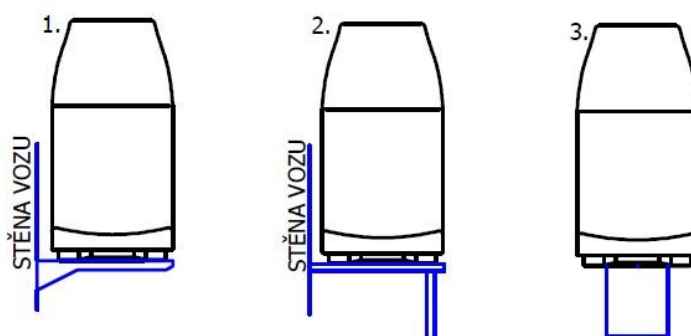
4.1 Sedadla

Nejpodstatnějším komponentem, interiéru osobního železničního vozu, jsou především sedadla. Správné umístění sedadel pak reprezentuje dostatečný počet sedících cestujících, bezproblémový pohyb cestujících ve vozidle ale také komfort při cestování. Z konstrukčního hlediska pak sedadla musí splňovat řadu norem týkajících se pevnostních požadavků na jejich konstrukci, rozměrových požadavků ale také požadavků na požární bezpečnost. V praxi se tedy využívají sedadla dodávaná specializovanými výrobci, kteří se specializují právě na sedadla pro železniční vozidla.

Pro mé variantní [2] řešení byla vybrána sedadla od společnosti Bordcad. Konkrétně se jedná o sedadla pevná pro 1. i 2. třídu a sedadla sklopná. U pevných sedadel je snaha o uchycení pomocí tzv. cantileveru. Jedná v podstatě o konzoli vetknutou z jedné strany do hrubé stavby vozu s druhým koncem volným. Toto řešení uchycení sedadla je výhodné pro jeho jednoduchost, prostorovou nenáročnost nebo také pro snadnější údržbu a úklid v interiéru. V případě, že tento způsob uchycení není možný, je sedadlo uchyceno pomocí konstrukce s podpěrnou nohou, která je uchycena do stěny hrubé stavby a k podlahy vozu, nebo jen pomocí nohou, které jsou uchyceny k podlahy vozu. Tyto způsoby uchycení sedadel se vyznačují jednodušší konstrukcí, ovšem jejich nevýhoda spočívá v uchycení v podlaze, neboť je následně obtížnější úklid vozu ale především může dojít ke špatnému zatěsnění v oblasti uchycení, kde může dojít ke vzniku koroze s následkem snížení pevnosti a bezpečnosti uchycení sedadla. Tomuto je následně zabráněno častější kontrolou a revizí těchto spojů. Co se týče uchycení sklopných sedadel, jedná se většinou o uchycení do stěny

vozu pomocí samotné konstrukce sedadla, čímž po jeho uchycení nedojde k zvětšení zástavbové oblasti, které pak odpovídá samotným rozměrům sklopného sedadla.

Jednotlivé typy uchycení jsou ilustračně znázorněny na obrázku 4.1. Sedadlo č.1 je uchyceno pomocí systému cantileveru, sedadlo č.2 je uchyceno pomocí konstrukce s podpěrnou nohou a sedadlo č. 3 je uchyceno pomocí samostatné nohy.



Obrázek 4.1 - Způsoby uchycení sedadel

Funkční požadavky na sedadla především definuje norma TSI 1300/2014/EU, která definuje konkrétně požadavky na vyhrazená sedadla. Jak jsem již zmiňoval dříve, je z praxe prosazováno, aby byl interiér co nejjednodušší. Vzhledem k tomu jsem se zaměřil právě na definování rozměrů, legislativních požadavků a požadavků provozovatele k vyhrazeným sedadlům a podle těchto požadavků jsem zpracovával zbytek interiéru vozidla.

4.1.1 Vyhrazená sedadla

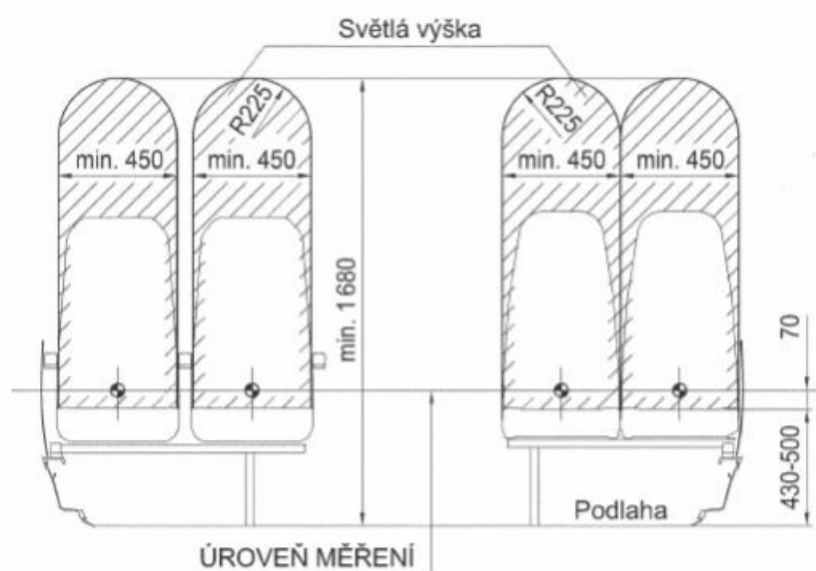
Jedná se o sedadla [8], která jsou určena pro OOSPO, na základě toho musí splňovat i správné označení ve vozidle, které je taktéž definované touto normou a je znázorněno na obrázku 4.2. Vyhrazených sedadel musí být ve voze, třídě nebo v celé jednotce, vždy alespoň 10 % z celkového počtu umístěných sedadel. Tato sedadla musí být umístěna v blízkosti vnějších dveří a jejich úroveň musí být minimálně stejná jako u standartních sedadel stejného typu. Jestliže je takovéto sedadlo opárenou loketní opěrkou, musí být tato opěrka sklopná do polohy rovnoběžné s opěradlem, aby byl zajištěn volný přístup na toto sedadlo pro OOSPO.



Obrázek 4.2 - Symboly pro označení vyhrazených sedadel [TSI 1300/2014/EU]

4.1.2 Rozměry volného prostoru vyhrazeného sedadla:

- užitečná sedací plocha musí být minimálně 450 mm široká
- svršek čalounění, musí být nad úrovní podlahy v přední části sedadla v rozmezí 430-500 mm
- nad každým sedadlem musí být nejméně 1 680 mm světlá výška od úrovně podlahy, mimo dvoupodlažních vozidel, u nichž je tolerováno snížení přípustné světlé výšky na 1520 mm. Tato tolerance je umožněna z důvodů instalace polic pro příruční zavazadla nad těmito sedadly. Lze ji aplikovat jen za předpokladu, že nejméně 50 % vyhrazených sedadel má zachovanou světlou výšku 1680 mm.



Obrázek 4.3 - Rozměrová kritéria pro vyhrazená sedadla [TSI 1300/2014/EU]

4.1.3 Možnosti uspořádání sedadel

Rozlišujeme dvě základní uspořádání sedadel v interiéru:

a) uspořádání sedadel za sebou

Tento typ uspořádání sedadel, dle normy TSI 1300/2014/EU, je znázorněn na obrázku 2.2. V tomto uspořádání musí sedadla splňovat rozteč sedadel 680 mm, která je měřená mezi nejzadnější částí předchozího sedadla a vrchní částí čalounění opěradla, přičemž rovina, od které je tento rozměr měřen, prochází bodem ve střední části sedadla 70 mm nad přechodem mezi sedákem a opěradlem. Zároveň musí být zachována rozteč 230 mm mezi koncem čalounění sedáku a nejzadnější částí předchozího sedadla.

b) uspořádání sedadel proti sobě

Tento typ uspořádání sedadel, dle normy TSI 1300/2014/EU, je znázorněn na obrázku 2.2. Hlavním rozměrem, který musí být dodržen, je rozteč mezi konci čalounění protějších sedáků, která musí odpovídat hodnotě 600 mm (pro vyhrazená sedadla). V případě, že je toto uspořádání doplněno o stolek pro uspořádání sedadel do tzv. čtyřky, musí být rozměr mezi stolkem a koncem čalounění sedáků minimálně 230 mm. V případě, že je tzv. čtyřka doplněná o stolek pod oknem, který nezasahuje do osy sedadla přilehlého k oknu, není potřeba rozteč mezi stolkem a sedadlem dodržovat.

4.2 Místo pro invalidní vozíky

Jedná se o prostor [8], který je dimenzován a charakterizován normou TSI 1300/2014/EU a který slouží pro osobu pohybující se na standartním invalidním vozíku. Počet těchto míst je definován opět normou TSI 1300/2014/EU a řídí se velikostí jednotky. Jednotlivé počty míst vztažené na délku jednotky jsou uvedeny v Tabulce 4.1.

Tabulka 4.1 - Minimální počet míst v závislosti na délce vlaku [8]

Délka jednotky	Počet míst pro invalidní vozíky ve vlaku
Méně než 30 m	1
30 až 205 m	2
Více než 205 a méně než 300 m	3
Více než 300 m	4

Invalidní vozík, nazvaný dříve jako vozík standartní, který je možno použít pro přepravu vlakem, kde bude využívat místo pro invalidní vozíky, musí splňovat následující kritéria:

1. Maximální rozměry vozíku jsou: šířka 700 mm (příčemž musí být zachováno alespoň 50 mm volného prostoru na každé straně pro ruce), délka 1200 mm s přídavkem 50 mm na nohy
2. Nejmenší kolečko vozíku musí mít schopnost překonat mezeru o rozměrech 75 mm vodorovně a 50 mm svisle
3. Invalidní vozík se musí otočit v kružnici o poloměru 1500 mm
4. Hmotnost – u elektrického vozíku, kde obsluhu vykonává sám uživatel smí dosahovat i s uživatelem, a případných zavazadel, maximálně 300 kg; u ručního vozíku včetně uživatele, a případných zavazadel, maximálně 200 kg
5. Světlá výška vozíku, pod opěrkami nohou, musí být minimálně 60 mm
6. Vozík musí být dynamicky stabilní, ve všech směrech, při náklonu 6° a staticky stabilní, ve všech směrech, při náklonu 9° (i při brždění)

4.2.1 Místo pro invalidní vozík musí splňovat následující požadavky [8]:

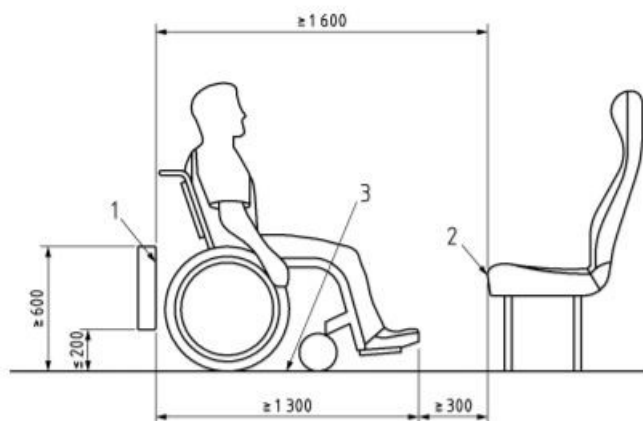
- Volný prostor musí být přinejmenším 1450 mm vysoký, měreno od podlahy, při zachované šířce 700 mm a délky 1300 mm, příčemž zároveň musí být poskytnut s obou stran tohoto prostoru prostor pro ruce široký 50 mm, a to ve výšce mezi 400 až 800 mm, měreno od podlahy. V případě, že jedna strana vozíku přiléhá uličce, bere se ulička jako volný prostor.
- V určeném prostoru se nesmí, kromě police na zavazadla pod stropem, nacházet žádná překážka a madla.
- Zadní stranu pro invalidní vozík musí tvořit konstrukce, nebo jiný prvek, o šířce alespoň 700 mm, který musí sloužit k zabránění převrácení vozíku dozadu, v případě, že je o tento prvek vozík opřený.
- V místě pro invalidní vozík smí být umístěna sklopná sedadla, která však ve složené poloze nesmí zasahovat do místa určeného pro invalidní vozík
- V místě pro invalidní vozík nebo bezprostředně před něj, se nesmí umísťovat držáky pro jízdní kola nebo lyže
- Vedle všech míst pro invalidní vozík nebo naproti nim, musí být k dispozici minimálně jedno sedadlo se stejným komfortem, jako ostatní pevná sedadla, určené pro doprovod osoby na invalidní vozíku

- Místo pro invalidní vozík musí být řádně označeno a musí obsahovat zařízení pro přivolání pomoci

Místo pro invalidní vozík musí být situováno tak aby směřovalo po, anebo proti směru jízdy, aby bylo možno stabilizovat invalidní vozík proti převrácení. Následně pak může být invalidní vozík umístěn, vzhledem k ostatním sedadlům třemi způsoby:

a) Uspořádání proti sobě

Jedná se o uspořádání, kde následující sedadlo je čelem k invalidnímu vozíku. Mezi místem pro invalidní vozík a čelem čalounění sedadla musí být rozteč minimálně 300 mm. Uspořádání je zobrazeno na obrázku 4.4.

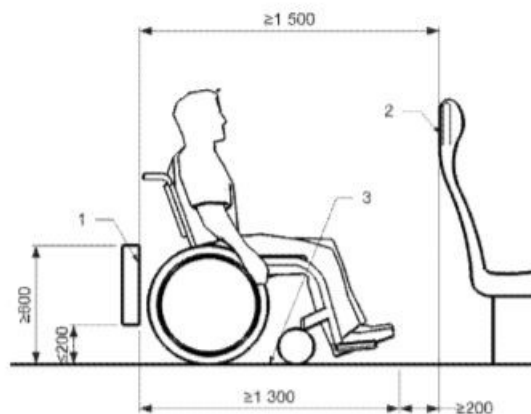


Obrázek 4.4 - Místo pro invalidní vozík v uspořádání proti sobě [TSI 1300/2014/EU]

Pozice na obrázku 4.4 reprezentují: 1 – konstrukce za místem pro invalidní vozík, 2 – čelo plnohodnotného sedadla, 3 – místo pro invalidní vozík

b) Uspořádání za sebou

Jedná se o uspořádání, kde následující sedadlo je otočeno k místu pro invalidní vozík zadní částí. V tomto případě musí být rozteč mezi místem pro invalidní vozík a nejzadnější částí sedadla minimálně 200 mm. Konkrétní uspořádání je zobrazeno na obrázku 4.5.

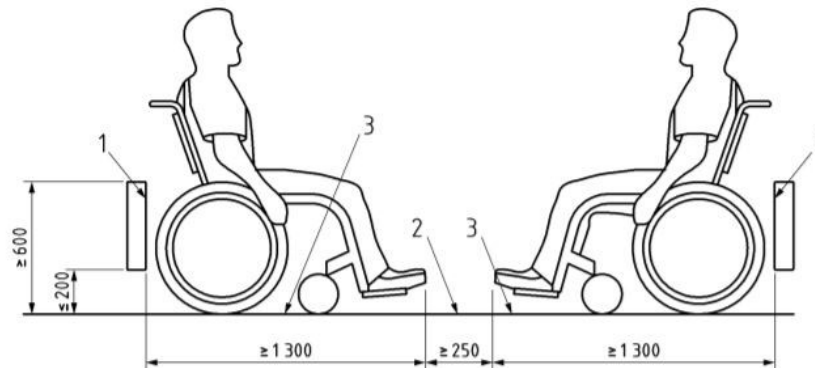


Obrázek 4.5 - Místo pro invalidní vozík v uspořádání za sebou [TSI 1300/2014/EU]

Pozice na obrázku 4.5 reprezentují: 1 – konstrukce za místem pro invalidní vozík, 2 – zadní část plnohodnotného sedadla, 3 – místo pro invalidní vozík

c) Uspořádání dvou invalidních vozíků proti sobě

Jedná se o ojedinělý stav uspořádání, kde je možné umístit dvě místa pro invalidní vozík čelem k sobě. Pak rozteč mezi těmito místy musí být minimálně 250 mm. Tento typ uspořádání je vidět na obrázku 4.6.



Obrázek 4.6 - Místa pro invalidní vozík v uspořádání dva invalidní vozíky proti sobě [TSI 1300/2014/EU]

Pozice na obrázku 4.6 reprezentují: 1 – konstrukce za místem pro invalidní vozík, 2 – prostor mezi místy pro invalidní vozík, 3 – místo pro invalidní vozík

4.3 Universální toaleta

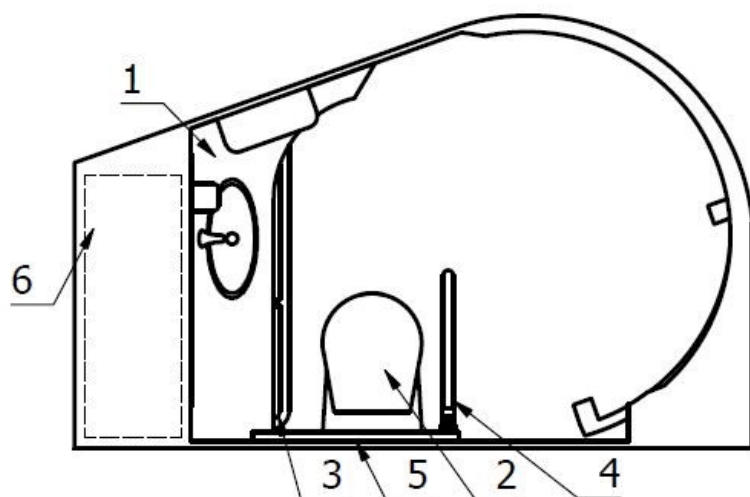
Universální toaletou (dále jen UNI WC) je myšlena toaletní buňka přizpůsobená svými rozměry pro cestující na invalidním vozíku. Zároveň je ale určena pro všechny cestující včetně OOSPO. UNI WC musí splňovat kritéria TSI PRM. Nejdůležitějšími kritérii, vzhledem k této diplomové práci jsou:

- Využitelná světlá šířka vstupních dveří musí být minimálně 800 mm
- UNI WC musí být dostatečně prostorné, aby bylo umožňovalo přesun z invalidního vozíku na toaletní sedátko z laterální i diagonální polohy
- Před toaletním sedátkem musí být podél jeho profilu volný prostor o rozměru alespoň 700 mm
- Po obou stranách toaletního sedátka musí být vodorovné madlo, přičemž tato madla musí dosahovat alespoň k přednímu okraji toaletního sedátka a madlo na straně kde je plánován přesun osoby z invalidního vozíku na toaletní sedátko, musí být sklopné do vertikální polohy pro možnost diagonálního přesunu
- Povrch sklopného toaletního sedátka musí být ve výšce mezi 450–500 mm nad úrovní podlahy
- Veškeré příslušenství UNI WC musí být snadno přístupné pro osobu na invalidním vozíku

4.3.1 Návrh universální toalety

UNI WC je zhotovováno jako kompletní modul, který se po zhotovení umísťuje jako celek do hrubé stavby vozidla, ke které je připevněn. Modul obsahuje veškeré hlavní příslušenství toalety, jako je samotná toaleta, toaletní pult s umyvadlem nebo přebalovací pult. Kromě tohoto je, již buňka před instalací do vozidla vybavená komplexním uzavřeným systémem vodního hospodářství s veškerým vybavením jako jsou nádrže, čerpadla, vývěvy, řídicí jednotky atd. Po instalaci do hrubé stavby vozidla, následuje zapojení do okolních okruhů, jako je například vyprazdňování, čištění, plnění nádrží nebo elektroinstalace.

Při návrhu rozložení UNI WC jsem vycházel z rozměrových podkladů, poskytnutých od společnosti Škoda Vagonka a.s.. Pro tento půdorys UNI WC jsem zpracoval vlastní návrh rozložení hlavních komponentů. Tento návrh je zobrazen na obrázcích 4.7, 4.8 a 4.9.

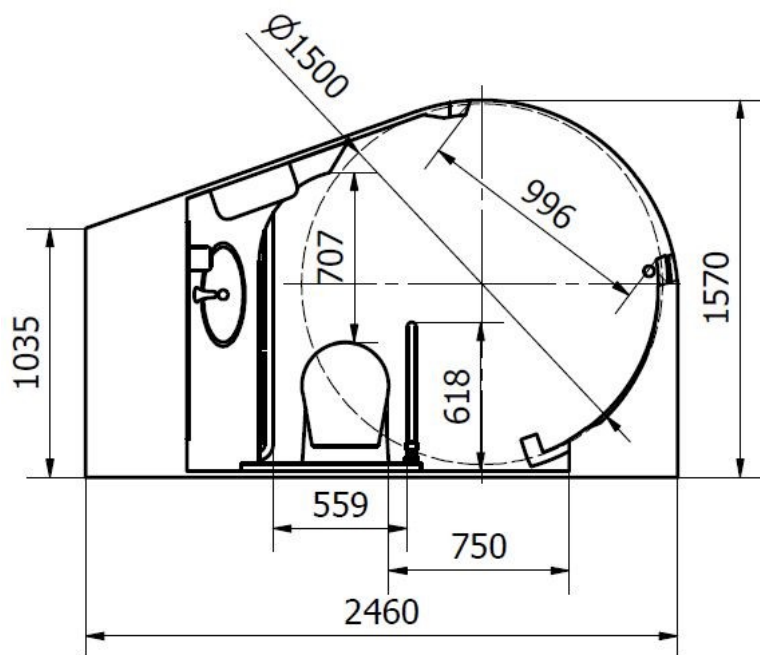


Obrázek 4.7 - Návrh rozložení UNI WC

Pozice na obrázku 4.7 reprezentují: 1 – toaletní stůl s umyvadlem, 2 – toaleta, 3 – pevné madlo na toaletním stole, 4 – sklopné madlo, 5 – přebalovací pult, 6 – technologický prostor

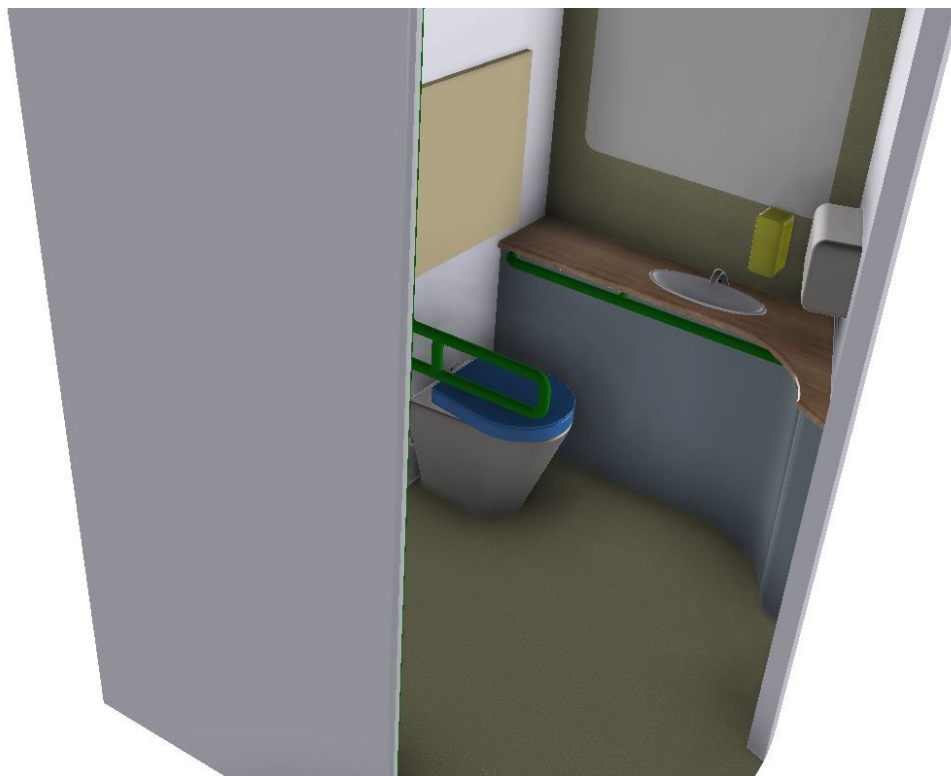
Navrhovaná UNI WC je vybavena toaletou s výškou toaletního sedátka 450 mm, toaletním stolem obsahujícím umyvadlo s bezkontaktním spínačem tekoucí vody a pevně uchyceným madlem v celé jeho délce. Dále pak UNI WC obsahuje sklopné madlo, umožňující diagonální přesun z invalidního vozíku na toaletní sedátko, přebalovací pult, umístěný ve sklopené poloze na stěně za toaletu, zrcadlem nad toaletním stolem, nádobou na mycí prostředek a elektrickým sušákem rukou.

Rozměrové řešení UNI WC je na obrázku 4.8.



Obrázek 4.8 - Rozměrové rozložení UNI WC

Na obrázku 4.8 je vidět, že toto rozložení splňuje podmínku minimální světlé šířky dveří, dále pak podmínku, že volný prostor před toaletou musí být nejméně 700 mm. Z obrázku je také patrné umístění a délky madel, umístěných okolo toalety. Toto rozložení ovšem nesplňuje podmínku otočného prostoru pro invalidní vozík. Na obrázku 4.8 lze vidět, že kružnice pro otáčení z velké části zasahuje do prostoru toalety. Možným řešením tohoto problému by mohlo být použití toalety, která bude mít pod sebou volný prostor. I přes to si ale myslím, že by toto rozložení nebylo schváleno. Samotné rozložení ostatních komponent, je pak podle mého názoru snadno přístupné i pro osobu na invalidním vozíku.



Obrázek 4.9 - Zobrazení interiéru UNI WC pomocí perspektivy

5 Variantní řešení interiéru

5.1 Určení variantních řešení

Hlavní částí, mé diplomové práce, bylo provedení variantního řešení modulárního interiéru jednopodlažní jednotky. Modularita interiéru spočívá v různých roztečích a orientacích sedadel, uspořádání jednotlivých oddílů (1.třída, 2.třída, multifunkční prostor) a míst pro přepravu jízdních kol, invalidních vozíků, místa pro přepravu nadrozměrných zavazadel ale také například umístění toalet. Všechny návrhy musí splňovat platné legislativní požadavky (viz. Legislativní požadavky na interiér), ale zároveň musí být variantní řešení provedeno s cílem maximální přepravní kapacity, s prioritou maximální kapacity sedících cestujících.

Zadání typů variantních řešení vyplývá ze zkušeností s požadavky zákazníků, právě na zadané vozidlo. Definované požadavky pro jednotlivé varianty jsou znázorněny v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1 - Požadavky na jednotlivá variantní řešení interiéru [2]

Variantá	Rozteče sedadel	Počet míst 1. třídy	Počet míst pro cestující na vozíku	Počet WC	Počet jízdních kol	Police pro velkoobjemová zavazadla
1	regionální	0	2	1/UNI	3	0
2	regionální	5 až 10	2	1/UNI	0	1
3	dálková	min 15	0	1/STD	0	2

První varianta řešení se vztahuje k regionální dopravě, což především definuje rozteče sedadel a rozměry průchozích profilů. Dále je tato varianta doplněna o dvě místa pro invalidní vozíky, čímž zároveň musí být vozidlo vybaveno toaletní buňkou pro osoby na invalidním vozíku (UNI WC). Posledním požadavkem varianty 1 je umístění prostoru pro přepravu jízdních kol. Ze zadání je určena přeprava právě 3 jízdních kol.

Druhá varianta řešení je opět určena pro regionální dopravu. Rozteče sedadel a rozměry průchozích profilů jsou shodné s variantou 1. Opět, jako v předchozí variantě, musí být ve voze umístěny dvě místa pro invalidní vozíky a UNI WC. V této variantě je prostor pro přepravu jízdních kol nahrazen umístěním oddílu pro 1.třidu s 5–10 sedadly. Dále je specifikováno umístění jedné police pro velkoobjemová zavazadla.

Třetí varianta řešení se vztahuje k dálkové dopravě. Pro dálkovou dopravu se především mění rozteče sedadel ve směru zlepšení komfortu. Tato varianta neobsahuje žádná místa pro

invalidní vozíky, proto je zde umístěna standartní toaletní buňka. Varianta 3 má mít, oproti předchozí variantě, větší oddíl pro 1.třídu. Minimální počet sedadel je patnáct. Posledním požadavkem je umístění dvou polic pro velkoobjemová zavazadla.

Posledním požadavkem bylo, aby jedna z variant řešení byla zpracována dle požadavků definovaným kodexem UIC 567, i přes to, že má doporučující charakter. Vzhledem k tomuto požadavku a rozměrům, které UIC 567 definuje, jsem zvolil variantu pro dálkovou dopravu.

5.2 Jednotlivá variantní řešení interiéru

Při návrhu jednotlivých modulárních interiérů, jsem se snažil o to, abych v jednotlivých variantách pokryl co největší množství možností rozmístění jednotlivých částí interiéru, čímž jsem dosáhl různých variantních řešení všech oddílů. Dále jsem se snažil o různá řešení umístění míst pro invalidní vozíky, tak aby umístění těchto míst nebylo bráno jako segregace cestujících na invalidním vozíku od běžných cestujících. Zároveň jsou místa pro invalidní vozíky určena pro kočárky. Přednost na těchto místech ale mají vždy osoby na invalidním vozíku. U dalších částí, jako je toaleta nebo police pro velkoobjemová zavazadla, jsem především vycházel z praktických zkušeností při jejich používání. Postup, při návrhů jednotlivých řešení, lze shrnout do následujících kroků:

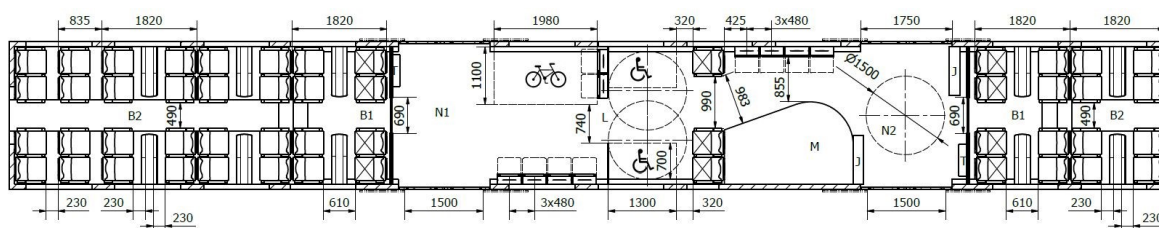
1. Stanovení jednotlivých oddílů
2. Umístění toalety a polic pro nadrozměrná zavazadla
3. Rozvržení multifunkčního prostoru s určením nástupního prostoru, kde budou umístěny plošiny pro invalidní vozík (Varianta 1 a 2)
4. Umístění plnohodnotných sedadel v jednotlivých oddílech dle platné legislativy a v různých konfiguracích
5. Umístění sklopných sedadel
6. Umístění polic pro příruční zavazadla

Pro všechna variantní řešení byla zpracována výkresová dokumentace, ve formě typových výkresů. Následující popis, jednotlivých variant, je vždy doplněn ilustračním obrázkem z této výkresové dokumentace. Výkresová dokumentace je přiložená v přílohách této diplomové práce a u každé varianty je označení příslušné přílohy.

5.2.1 Varianta 1.1

V tomto variantním řešení jsem umístil celý multifunkční prostor mezi nástupní prostory. Nejdříve jsem zde umístil universální toaletu. Nástupní prostor, který k ní přiléhá jsem určil jako nástupní prostor pro osoby na invalidním vozíku, a proto jsem jej doplnil o

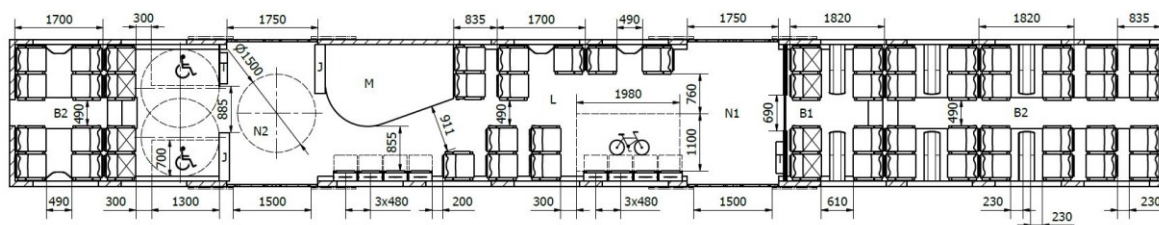
nástupní rampy. Dále jsem zde umístil dvě místa pro invalidní vozíky, každé na jednu stranu vozu, tak aby byly co nejbližší UNI WC, zároveň jsem tato místa situoval tak aby byla otočena směrem k čelní části vozu. Tato místa jsem podle TSI doplnil sedadly pro osoby doprovázející osoby na invalidním vozíku. Tento prostor jsem následně oddělil přepážkou bez dveří, za kterou jsem umístil prostor pro přepravu jízdních kol. Celý multifunkční prostor jsem následně vhodně doplnil o sklopná sedadla. Ve zbytku vozu jsou umístěny oddíly 2.třídy, ve kterých jsem se snažil o maximalizaci počtu sedadel a o konfigurování těchto sedadel do tzv. čtyřek s doplněným sklopným stolem, tak aby byl tento stůl umístěn co možná nejvíce ve středu okna. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 61 z čehož je 10 sedadel sklopných. Typový výkres varianty 1.1 je přiložen v Příloze A.



Obrázek 5.1 - VARIANTA 1.1

5.2.2 Varianta 1.2

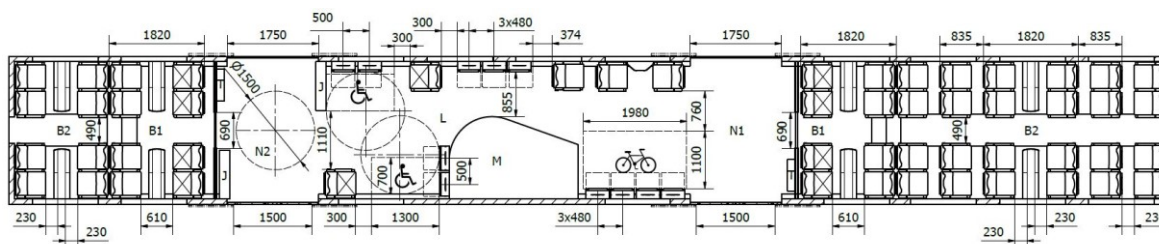
U tohoto variantního řešení jsem multifunkční prostor rozšířil ve směru k čelní části vozu, kde jsem na nízkopodlažní část představku za kabinou vozu, umístil, na strany vozu, místa pro invalidní vozíky, která jsem opět situoval čelem k čelní části vozu. Za těmito místy je nástupní prostor pro osoby na invalidním vozíku, tudíž je doplněn o rampy k nastupování. Dále ve voze je umístěna UNI WC, která je přístupná ze strany nástupního prostoru. Prostor pro přepravu jízdních kol je v tomto případě umístěn u druhého nástupního prostoru. Na rozdíl od varianty 1.1 není prostor pro kola oddělen přepážkou, aby byla možná lepší konfigurace sedadel. Zbytek multifunkčního prostoru je tedy zaplněn plnohodnotnými sedadly do vhodných konfigurací. U sedadel umístěných naproti sobě jsou sedadla doplněna o malý odkládací stůl. Zbytek prostoru je opět doplněn o sklopná sedadla, která jsou též umístěna u prostoru určeném pro přepravu jízdních kol. Ta jsou použitelná jen za předpokladu, že nedochází k přepravě jízdních kol. Zbytek vozu, je jako v předchozí alternativě, určený oddílu 2.třídy s cílem maximalizace počtu sedadel v různých konfiguracích. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 64 z čehož je 8 sedadel sklopných. Typový výkres pro variantu 1.2 je přiložen v Příloze B.



Obrázek 5.2 - VARIANTA 1.2

5.2.3 Varianta 1.3

Ve třetím návrhu, pro variantu 1, jsem opět multifunkční prostor umístil mezi nástupní prostory. Rozdíl oproti předchozím řešením je ten, že UNI WC jsem v tomto případě umístil na střed vozu. Tím jsem pomyslně rozdělil multifunkční prostor. Jedna polovina multifunkčního prostoru je určená pro dvě místa pro invalidní vozíky, opět umístěné u stěn vozu. U každého místa je též přiřazeno jedno plnohodnotné sedadlo určené pro doprovod osoby na invalidním vozíku. K tomuto prostoru je přilehlý nástupní prostor, který je opatřen rampami pro nástup osob na invalidním vozíku. V druhé části multifunkčního prostoru je místo pro přepravu jízdních kol, ve kterém jsou na stěně vozu umístěny sklopná sedadla. Ty lze využít v případě, že k přepravě jízdních kol nedochází. Sklopnými sedadly jsou taktéž doplněny místa pro invalidní vozíky. Představky vozu, jsou jako v předchozích alternativách určené oddílům 2.třídy, kde jsem se pokusil o jiné rozložení a konfiguraci sedadel, oproti předchozím alternativám, opět s cílem maximalizace počtu sedadel. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 64 z čehož je 11 sedadel sklopných. Typový výkres varianty 1.3 je přiložen v Příloze C.

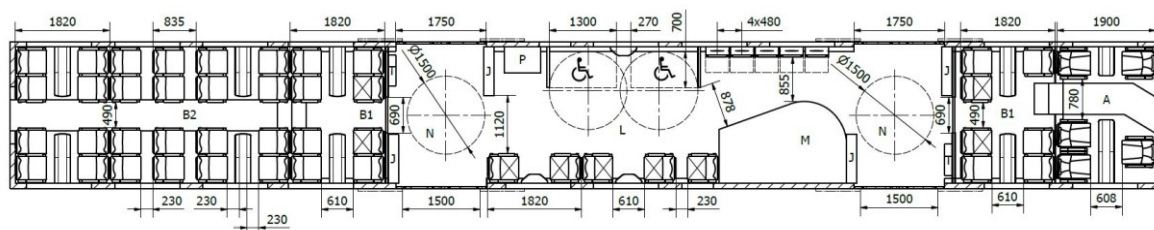


Obrázek 5.3 - VARIANTA 1.3

5.2.4 Varianta 2.1

V případě tohoto variantního řešení jsem umístil UNI WC co nejbližší k nástupnímu prostoru. Za UNI WC je multifunkční prostor, ve kterém se nachází dvě místa pro invalidní vozíky. Tato místa jsou situována proti sobě, u jedné stěny vozu. V tomto případě jsou místa pro osoby doprovázející osoby na invalidním vozíku umístěná přes uličku, u druhé stěny vozu. Vzhledem k umístění míst pro invalidní vozíky jsem oba nástupní prostory zvolil jako nástupní prostory vhodné pro nastupování osob na invalidním vozíku, a proto jsem je doplnil

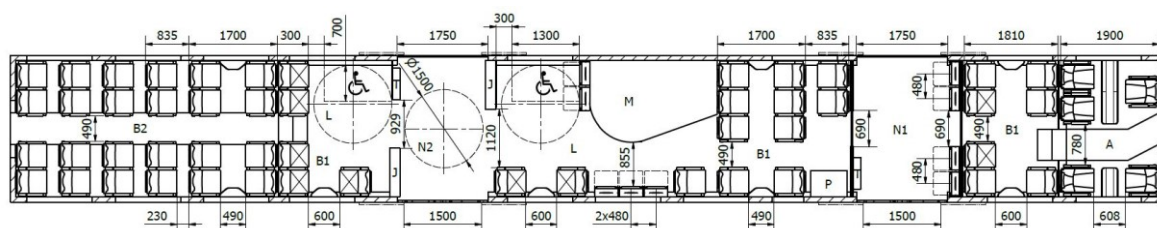
nástupními rampami. Tato varianta je doplněna o oddíl 1.třídy, ve kterém se nachází 5 sedadel a je umístěn za kabinou strojvedoucího. Vzhledem k větším rozměrům sedadel, a nezbytnému dodržení volného prostoru v uličce, jsem přikročil k její úpravě, a to vyosením z osy vozidla. Zbytek prostoru ve vozidle tvoří oddíly 2.třídy, opět v jiné konfiguraci jako v předchozích alternativách. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 54 z čehož je 5 sedadel sklopných a 5 sedadel pro 1.třídu. Typový výkres varianty 2.1 je přiložen v Příloze D.



Obrázek 5.4 - VARIANTA 2.1

5.2.5 Varianta 2.2

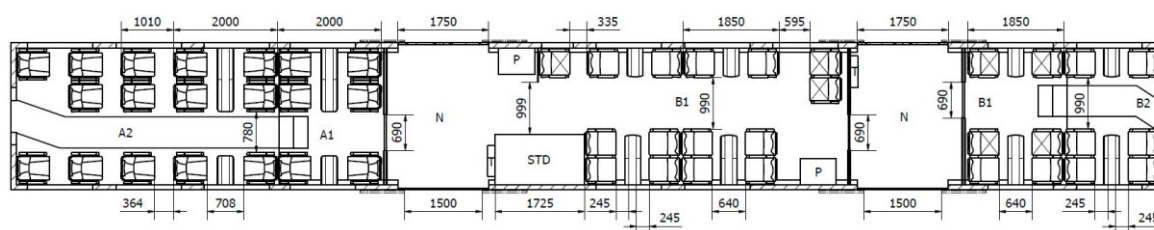
V dalším řešení varianty 2, jsem posunul UNI WC do středu vozidla. Čímž jsem si rozdělil nízkopodlažní část, mezi nástupními prostory, podobně jako ve variantě 1.3. Místa pro invalidní vozíky jsem v tomto případě umístil po stranách nástupního prostoru, který jsem určil jako nástupní prostor pro cestující na invalidním vozíku. Ten jsem následně doplnil o nástupní rampy. Dále jsem u této alternativy vyzkoušel konfiguraci sedadel 3+1, která je umístěná za UNI WC v nízkopodlažní části. Z této strany je nízkopodlažní část multifunkčního prostoru oddělená od nástupního prostoru příčkou, za níž se nachází i police pro velkoobjemová zavazadla. Tato alternativa je rovněž doplněná oddílem 1.třídy, ve kterém je, jako v předchozí alternativě, ulička vyosená z osy vozidla, kvůli dodržení rozměrů daných legislativou a lepšímu průchodu oddílem. Zbytek vozidla tvoří oddíly 2.třídy, ve kterých jsem, u této alternativy, nepoužil velké stolky, kvůli dalšímu variantnímu řešení. Celkový počet sedadel v tomto návrhu je 63, z čehož je 9 sedadel sklopných a 5 sedadel pro 1.třídu. Typový výkres varianty 2.2 je přiložen v Příloze E.



Obrázek 5.5 - VARIANTA 2.2

5.2.6 Varianta 3.1

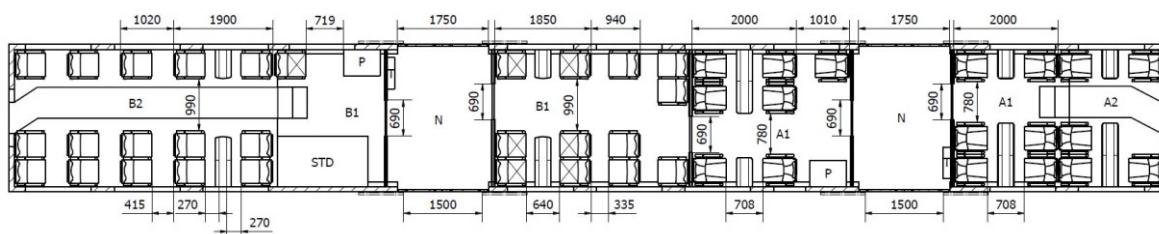
V tomto variantním řešení, bylo potřeba rozvrhnout, na rozdíl od předchozích variant, jen dva oddíly. A to oddíl pro 1. a 2. třídu. 1. třídu jsem v této alternativě umístil na mezivozový představek hned od nástupního prostoru. Tím jsem docílil kompaktnosti a ucelenosti celého oddílu pro 1. třídu. Pro variantní řešení č.3 jsem vycházel z roztečí sedadel daných kodexem UIC 567, které jsem ovšem v případě 1. třídy zcela nedodržel. Rozteč sedadel v konfiguraci proti sobě, pro 1. třídu, je dle mého názoru již přehnaná, a proto jsem tuto rozteč snížil z hodnoty 2300 mm na hodnotu 2000 mm. V nízkopodlažní části mezi nástupními prostory jsem umístil standartní WC (STD WC). Naproti STD WC jsem umístil jednu z polic pro nadrozměrná zavazadla. Druhou z polic jsem umístil k druhému nástupnímu prostoru. Vzhledem k rozměrů definovanými kodexem UIC 567 jsem musel i v případě 2. řady sestavit sedadla v konfiguraci 2+1. Především díky této konfiguraci, muselo dojít k vyosení uliček z osy vozu na obou představcích. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 47 z čehož je 20 sedadel určených pro 1. třídu. Typový výkres varianty 3.1 je přiložen v Příloze F.



Obrázek 5.6 - VARIANTA 3.1

5.2.7 Varianta 3.2

V této alternativě pro variantu 3 jsem oddíl pro 1. třídu umístil za kabinu pro strojvedoucího, přičemž abych dodržel požadavek minimálního počtu sedadel pro 1. třídu, musel jsem tento oddíl rozšířit až za přilehlý nástupní prostor. Tím pádem ale bylo potřeba rozdělit přepážkou nízkopodlažní část mezi nástupními prostory. V nízkopodlažní části oddílu 1. třídy jsem také umístil jednu z polic pro velkoobjemová zavazadla. Standartní toaletu jsem u této alternativy umístil v nízkopodlažní části mezivozového představku. Naproti toalety jsem umístil druhou polici pro velkoobjemová zavazadla. Opět, jako v předchozí alternativě, došlo k vyosení uliček na představných vozu, především kvůli požadavkům UIC 567 a použité konfiguraci sedadel 2+1. Celkový počet sedadel, v tomto návrhu, je 46 z čehož je 18 sedadel určených pro 1. třídu. Typový výkres varianty 3.2 je přiložen v Příloze G.



Obrázek 5.7 - VARIANTA 3.2

5.3 Shrnutí variantních řešení

V konečném výsledku bylo vytvořeno 7 variantních řešení s různými konfiguracemi a různými počty sedadel. V následující tabulce 5.2 je provedeno celkové shrnutí přepravní kapacity sedících cestujících jednotlivých variant.

Tabulka 5.2 - Shrnutí kapacity variantních řešení

	Kapacita [celkový počet sedadel]
Varianta 1.1	61
Varianta 1.2	64
Varianta 1.3	64
Varianta 2.1	54
Varianta 2.2	63
Varianta 3.1	47
Varianta 3.2	46

Z tohoto shrnutí již lze konstatovat, že i přesto, že vozidla z rešerší jsou vloženy vozy a mé návrhy jsou provedeny pro čelní vůz, je celková kapacita variant pro regionální dopravu výrazně vyšší, a proto si myslím, že podmínka maximalizace přepravní kapacity byla splněna. Dalším z cílů pro variantní řešení, byla jeho různorodost variantních řešení, tak aby alternativy například neobsahovaly stejná řešení konfigurací sedadel ve stejných oddílech. Tento cíl byl podle mého názoru taky splněn, protože jednotlivé alternativy pro každou z variant jsou ve všech oddílech různé.

5.4 Vícekriteriální hodnocení variant [14]

V další části mé práce bylo potřeba vyhodnotit, jaká alternativa, v jednotlivých variantách, je nejlepší. Pro tento výběr jsem použil vícekriteriální hodnocení variant za použití stanovení normovaných vah pomocí Saatyho metody.

Aby bylo možné určit pořadí alternativ pro jednotlivé varianty, bylo potřeba nejdříve určit kritéria, podle kterých budou hodnoceny. Pro hodnocení, po konzultaci ve Škoda VAGONKA a.s., jsme stanovili čtyři kritéria:

1. Celkový počet sedadel
2. Procentuální podíl sedadel v konfiguraci proti sobě z plnohodnotných sedadel
3. Procentuální podíl sklopných sedadel z celkového počtu sedadel
4. Složitost interiéru v závislosti na počtu různých prvků v interiéru (různé typy stolků, přepážek, polic) a subjektivní náhled na rozložení interiéru vzhledem k cestujícímu (otevřený, členitý, přehledný, ...)

Finální hodnoty kritérií pro jednotlivé varianty jsou znázorněny v tabulce 5.3. Tato tabulka neobsahuje hodnoty čtvrtého kritéria, neboť čtvrté má charakter spíše kvalitativní než kvantitativní. Varianty, podle tohoto kritéria, budu hodnotit až následně, pomocí metody pořadí.

Tabulka 5.3 - Hodnoty kritérií pro jednotlivé variantní řešení

	Varianta 1.1	Varianta 1.2	Varianta 1.3	Varianta 2.1	Varianta 2.2	Varianta 3.1	Varianta 3.2
Kr. 1 [-]	61	64	64	54	63	47	46
Kr. 2[%]	84,31	73,21	67,92	81,63	64,81	73,6	63,04
Kr. 3[%]	16,39	12,5	17,19	9,26	14,29	0	0

Po zjištění hodnot kritérií pro jednotlivé varianty jsem přikročil k výpočtu normovaných vah jednotlivých kritérií. Tento výpočet jsem provedl pomocí Saatyho metody.

Saatyho metoda je založena na párovém porovnání jednotlivých kritérií, kde nejenže určíme preferenci, ale také určíme důležitost této preference vůči druhému kritériu. K tomu to hodnocení potřebujeme znát tzv. deskriptory a počet bodů pro jednotlivé deskriptory. V následující tabulce 5.4, jsou zobrazeny použité deskriptory podle Saatyho.

Tabulka 5.4 - Deskriptory podle Saatyho [14]

Počet bodů	Deskriptory
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Lze používat i počet bodů 2,4,6 a 8 v případě jemnějšího hodnocení.

Pro zapisování jednotlivých vazeb mezi kritérii je použita matice velikosti preferencí, kde dochází, k již zmíněnému párovému porovnání. Následně se pro každý řádek matice, pro každé kritérium, vypočítá geometrický průměr:

$$\overline{G}_k = \sqrt[n_k]{k_{11} \cdot k_{12} \cdot \dots \cdot k_{ij}} \quad (5.1)$$

\overline{G}_k ...geometrický průměr k-tého kritéria [-]

n_k ...celkový počet kritérií [-]

k_{ij} ...počet bodů v i-tém řádku a j-tém sloupci matice preferencí [-]

Z tohoto geometrického průměru jsem pak vypočítal normované váhy pro jednotlivá kritéria, tak že jsem provedl součet geometrických průměrů jednotlivých kritérií a podle následujícího vzorce (5.2) jsem vypočítal normovanou váhu:

$$v_k = \frac{\overline{G}_k}{\sum_{i=1}^n \overline{G}_k} \quad (5.2)$$

v_k ...normovaná váha k-tého kritéria [-]

n ...počet kritérií [-]

Vypočítané hodnoty normovaných vah kritérií jsou znázorněny v následující tabulce 5.5.

Tabulka 5.5 - Matice preferencí a výpočet normované váhy kritérií

	k1	k2	k3	k4	Geometrický průměr	Normovaná váha
k1	1,00	4,00	6,00	7,00	4,50	0,52
k2	0,25	1,00	3,00	5,00	2,31	0,27
k3	0,17	0,33	1,00	4,00	1,38	0,16
k4	0,14	0,20	0,25	1,00	0,40	0,05
				Σ	8,59	1,00

Po spočítání normovaných vah kritérií, jsem přikročil k hodnocení alternativ v jednotlivých variantních řešeních. Hodnocení alternativ jsem provedl podle bodovací metody. Tato meto spočívá v tom, že alternativě, která je pro dané kritérium nejlepší, přiřadíme největší počet bodů a každá následující alternativa získá vždy o bod méně. Maximální počet bodů jsem si zvolil podle počtu alternativ v jednotlivých variantách. To

znamená, že u variantního řešení č.1 je maximální počet bodů 3 a u variantních řešení 2. a 3. je maximální počet bodů 2. Po přiřazení počtu bodů v jednotlivých kritériích jsem provedl výpočet celkové známky jednotlivých alternativ. Tu jsem vypočítal podle metody stanovení hodnoty alternativ podle (5.3).

$$H_i = \sum_{k=1}^n h_{ik} \cdot v_k \quad (5.3)$$

H_i ...celková hodnota i-té alternativy [-]

v_k ...normovaná váha i-tého kritéria [-]

n ...počet kritérií [-]

h_{ik} ...počet bodů i-té alternativy pro j-té kritérium [-]

Po vypočítání hodnot pro každou alternativu jsem již mohl určit pořadí alternativ v jednotlivých variantních řešeních a tím určit nejlepší tři variantní řešení, podle stanovených kritérií.

V následujících tabulkách 5.6, 5.7, a 5.8 jsou zobrazeny hodnoty bodovací metody, celkové hodnoty i-té alternativy a konečné určení pořadí v jednotlivých variantních řešení.

Tabulka 5.6 - Určení pořadí varianty 1

	Kr. 1	v_1	Kr. 2	v_2	Kr. 3	v_3	Kr. 4	v_4	Celková známka	Pořadí
Varianta 1.1	1	0,52	3	0,27	2	0,16	1	0,05	1,7	3
Varianta 1.2.	2	0,52	2	0,27	3	0,16	2	0,05	2,16	1
Varianta 1.3.	2	0,52	1	0,27	1	0,16	3	0,05	1,62	2

Tabulka 5.7 - Určení pořadí varianty 2

	Kr. 1	v_1	Kr. 2	v_2	Kr. 3	v_3	Kr. 4	v_4	Celková známka	Pořadí
Varianta 2.1.	1	0,52	2	0,27	2	0,16	2	0,05	1,48	2
Varianta 2.2.	2	0,52	1	0,27	1	0,16	1	0,05	1,52	1

Tabulka 5.8 -Určení pořadí varianty 3

	Kr. 1	v_1	Kr. 2	v_2	Kr. 3	v_3	Kr. 4	v_4	Celková známka	Pořadí
Varianta 3.1.	2	0,52	2	0,27	1	0,16	2	0,05	1,84	1
Varianta 3.2.	1	0,52	1	0,27	1	0,16	1	0,05	1	2

Podle vícekritériální hodnocení jsem provedl výběr nejvýhodnější alternativy v každé zadané variantě dle zvolených kritérií. Tato objektivní metoda mi stanovila, že nevýhodnějšími alternativami je Varianta 1.2, Varianta 2.2 a Varianta 3.1.

5.5 Vlastní posouzení navržených řešení

5.5.1 Varianta 1

V případě varianty jedna, šlo především o návrh multifunkčního prostoru, kde jsem se především snažil o různá rozmístění míst pro invalidní vozíky a místa pro přepravu jízdních kol. U této varianty musela být zároveň umístěna i universální toaletní buňka (UNI WC), která musela být umístěna tak aby byla snadno přístupná právě pro osoby na invalidním vozíku.

U alternativy 1, jsou místa pro invalidní vozíky umístěny až za UNI WC, což může znamenat horší přístup. Navíc je prostor mezi toaletou a stěnou vozu, doplněn o sklopná sedadla. Vzhledem k tomu, že je dodržen volný prostor definovaný dle TSI, a jedním z požadavků bylo maximalizovat počet sedících cestujících, je toto řešení validní. Ze strany osob na invalidním vozíku si ale myslím, že v tomto prostoru by se sklopná sedadla nacházet neměla, aby byl přístup na místa pro invalidní vozíky co nejkomfortnější. Co se týče umístění místa pro přepravu jízdních kol, je zvoleno, že přeprava kol bude probíhat opřením kol o stěnu vozu. Myslím si, že místo pro kola je v tomto případě vhodně zvoleno, ať už z pohledu snadné přístupnosti při nástupu či výstupu do vozidla, tak i z pohledu zabraného místa ve voze, které nijak nezasahuje do volného průchodu. Tento prostor je navíc doplněn o sklopná sedadla, které jsou především určena pro osoby cestující s jízdním kolem, pro které je určitě vhodnější mít po celou dobu cesty, své jízdní kolo pod dohledem.

V alternativě 2, jsem oproti alternativě 1 umístil místa pro invalidní vozík co nejbližší nástupnímu prostoru, což si myslím, že je vzhledem k přístupnosti těchto míst pro osoby na invalidním vozíku mnohem vhodnější. I v této alternativě jsou naproti UNI WC umístěny sklopná sedadla, která ale v tomto případě nijak nebrání volnému průchodu, a proto bych je v této alternativě určitě zachoval. Místo pro přepravu jízdních kol je opět umístěno u druhého nástupního prostoru. Tato alternativa je ale určitě výhodnější vzhledem k použití plnohodnotných sedadel v tomto prostoru, čímž je výrazně zlepšený komfort pro osoby cestující s jízdními koly. Neposlední výhodou tohoto uspořádání je určitě větší množství plnohodnotných sedadel oproti druhým dvěma alternativám.

Alternativa 3, má dle mého názoru nejlepší umístění míst pro invalidní vozíky, a to především díky volnému, otevřenému prostoru, který je u těchto míst k dispozici a podle mého názoru také nejlepší umístění toaletní buňky, která je nejen dobře dostupná pro osoby na invalidním vozíku, ale také rozděluje prostor nízkopodlažní části právě na prostor pro invalidní vozíky a na prostor pro přepravu jízdních kol. Nevýhodou této alternativy je určitě pouze jedno místo pro osobu doprovázející osobu na invalidním vozíku, čímž taky může být tato skutečnost chápána jako segregace osob na invalidním vozíku od ostatních cestujících.

Oddíly 2.řídy jsou pak u všech alternativ velmi podobné. V podstatě se jedná o změny v sestavení sedadel do formace za sebou nebo proti sobě. Výhodnější je určitě sestavení sedadel za sebou, vzhledem k zástavbovému prostoru. Z pohledu na komfort cestujícího je ale určitě přívětivější formace sedadel proti sobě. Proto hodnocení těchto řešení je vzhledem ke stejnému zadání ve všech třech případech varianty 1 složité.

Z mého pohledu bych, ale jako nejvhodnější alternativu volil alternativu číslo 3, vzhledem k rozmístění jednotlivých míst a vzhledem k menší členitosti a větší přehlednosti v interiéru.

5.5.2 Varianta 2

Stejně jako varianta 1, byla i varianta 2 koncipována pro regionální dopravu s dvěma místy pro invalidní vozíky. Rozdílem je, že v této variantě není prostor pro přepravu jízdních kol. Naproti předchozí variantě zde přibyla police pro velkoobjemová zavazadla.

V první alternativě jsem umístil místa pro invalidní vozíky proti sobě. Výhodou tohoto řešení se pak ukázala poměrná jednoduchost interiéru, na druhou stranu, nevýhodou je velký zástavbový prostor, který se nedá, kvůli dodržení volného prostoru pro přístup a pro otáčení, doplnit dalšími sedadly, a proto dochází v této konfiguraci uspořádání, ke snížení přepravní kapacity z pohledu sedících cestujících. Vzhledem k umístění míst pro invalidní vozíky a orientaci UNI WC, jsou oba prostory vybaveny nástupními rampami. Toto řešení je z mého pohledu výhodné, neboť osoba na invalidním vozíku nemá jen jeden vhodný nástupní prostor. V případě tohoto řešení zde opět nastává možný problém v průjezdu kolem toalety, který je opět doplněn sklopnými sedadly. Volný prostor je dle TSI dodržen ale vzhledem ke komfortu průjezdu invalidního vozíku kolem toalety to není ideální řešení. U této varianty by se tento problém dal jednoduše vyřešit otočením toalety, tak aby vstupní prostor byl blíže k místům pro invalidní vozíky. V tom případě by již ale nebyl potřeba druhý nástupní prostor s nástupními rampami. Dále je v této alternativě umístěna police pro velkoobjemová zavazadla, jejíž umístění je vzhledem k její funkci, dle mého názoru, správné. Problémem

je, že ale cestující tuto možnost nebudou využívat, pokud svá zavazadla nebudou mít pod kontrolou nebo zavazadla nebudou nějakým způsobem zajištěna. V tomto případě je zřejmé, že zavazadla mají pod kontrolou jen osoby, které sedí naproti této polici.

V druhé alternativě jsem místa pro invalidní vozíky umístil nestandartně po obou stranách nástupního prostoru. Tento typ rozmístění ale musím hodnotit kladně, protože tímto rozmístěním nedošlo k příliš velkému úbytku míst pro plnohodnotná sedadla, a i přes to, je přístupnost k těmto místům, dle mého názoru, velice dobrá. UNI WC je v tomto případě umístěno ve středu nízkopodlažní části, za místem pro invalidní vozík, které je zároveň doplněno o dvě místa se sklopnými sedadly. UNI WC je natočeno směrem k nástupnímu prostoru určenému pro nástup osob na invalidním vozíku, a proto je pak UNI WC dobře přístupné i z míst pro invalidní vozíky. Za UNI WC je v této alternativě pro názornost použita konfigurace 3+1. Myslím si, že použití této konfigurace není špatné. Na druhou stranu si myslím, že je tento způsob rozmístění sedadel méně komfortní než klasické uspořádání 2+2. Prostor u této specifické konfigurace je navíc doplněn o polici pro velkoobjemová zavazadla, která by v tomto místě měla větší využití, proto že je kolem ní více míst, ze kterých mohou mít cestující svá zavazadla pod kontrolou.

Obě alternativy navíc obsahují vyhrazený oddíl pro 1.tř. V obou případech je tento oddíl umístěn za kabinou strojvedoucího. Toto umístění je vhodné z toho důvodu, že je tento oddíl dobře oddělitelný, a navíc lze zajistit osobám využívající první třídu soukromí, protože v tomto případě, nemají osoby z 2.třídy důvod k průchodu. V obou alternativách je ovšem využito podobné řešení tohoto oddílu, proto že rozšířením oddílu do nízkopodlažní části by byl překročen počet míst, určených ze zadání.

Z těchto dvou alternativ bych osobně vybral druhou alternativu. Důvodem je především lepší prostorové využití interiéru, ale přikročil bych ke změně konfigurace sedadel 3+1 na klasickou konfiguraci 2+2. Prvním důvodem je snížení počtu různých konstrukčních prvků a druhým důvodem je zvýšení komfortu při cestování.

5.5.3 Varianta 3

Poslední variantní řešení bylo navrhováno pro dálkovou dopravu. Z tohoto hlediska se oproti předchozím variantám měnily rozteče sedadel pro zvýšení komfortu, přičemž toto variantní řešení vycházelo z roztečí sedadel definovaných kodexem UIC 567. Oproti definovaným roztečím jsem ale přikročil k úpravě rozteče sedadel pro první třídu. Důvodem bylo, že hodnota rozteče výrazně omezovala sestavení interiéru do rozumné konfigurace. V tomto variantním řešení šlo především o rozmístění oddílu 1. a 2.třídy.

V první alternativě třetí varianty jsem umístil oddíl 1.třídy k mezivozovému přechodu. Tento typ řešení je výhodný především z důvodu kompaktnosti a ucelenosti celého oddílu, který tak začíná už od nástupního prostoru. Nevýhodou je, že je oddíl umístěný mezi oddíly 2.třídy, a tak může docházet k průchodu oddílem osob z 2.třídy, čímž by bylo narušeno soukromí osob cestujících v 1.třídě. U přilehlého nástupního prostoru se také nachází standartní toaletní buňka a jedna z polic pro velkoobjemová zavazadla. Její umístění je vhodné z důvodů, že cestující nemusí své zavazadlo přenášet mezi sedadly nebo ho zdvíhat na police pro příruční zavazadla, ale vzhledem k jejímu umístění je pro cestující nevýhodné nemít svá zavazadla pod dohledem, a proto by nebyla dostatečně využívána. Druhá police je umístěna za přepážkou u druhého nástupního prostoru. U této police se nachází více sedadel, ze kterých lze svá zavazadla hlídat, a proto je její umístění výhodnější. Zbytek oddílu 2.třídy je sestaven v konfiguraci 2+1, především kvůli splnění volných prostorů dle UIC 567. Tuto variantu hodnotím kladně také z toho důvodu, že je zde snaha o maximální počet umístění sedadel do konfigurace proti sobě, čímž se dosáhlo umístění většího počtu sklopných stolků, které přirozeně zvyšují komfort, který je u dálkové dopravy velmi důležitým faktorem.

V druhé alternativě jsem umístil oddíl 1.třídy za kabinu strojvedoucího, ten ale končí až za nástupním prostorem, kde je od oddílu 2.třídy oddělen přepážkou. Nevýhodou tohoto oddílu se tak zdá právě jeho rozdělení a vzdálenost umístění standartní toalety od tohoto oddílu. Naproti tomu je toto řešení 1.třídy, dle mého názoru, lepší, než v předchozí alternativě. Důvodem je například možnost oddělení samostatného nástupního prostoru pro osoby cestující v 1.třídě, další výhodou je, že se oddíl nachází na konci vozu, a proto osoby z 2.třídy nemají důvod procházet oddílem 1.třídy. Poslední výhodu vidím v umístění k vhodně umístěné polici pro nadrozměrná zavazadla, která je dle mého názoru, v tomto případě velmi vhodně umístěna. Druhá police pro nadrozměrná zavazadla je umístěna naproti standartní toaletě, kde je ale její využití mnohem menší, vzhledem k tomu, že mít zavazadla pod kontrolou v tomto místě je velmi problematické.

Obě alternativy řešení se mi jeví jako výhodné, ovšem vždy z jiného úhlu pohledu. První varianta je ale vzhledem otevřenějšímu interiéru a většímu počtu sedadel výhodnější, a proto bych ve třetím variantním řešení vybral první alternativu.

6 Stanovení plochy pro stání a výpočet zatížení od stojících cestujících a zavazadel

6.1 Stanovení plochy pro stání

Podmínky pro výpočet prostoru určeného pro stání je přesně definován normou ČSN EN 15663. V následujících bodech, jsou definované oblasti, které do plochy pro stojící cestující nejsou zařazeny.

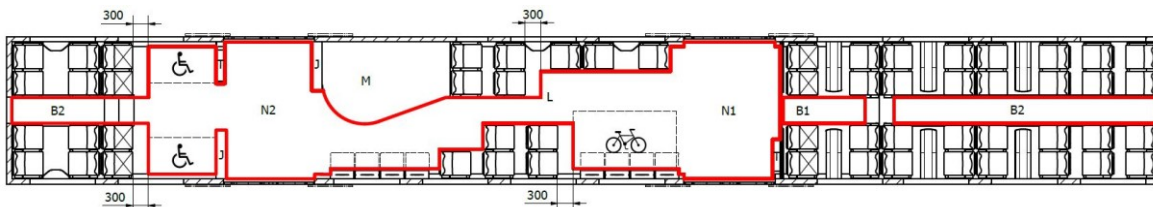
- Oblasti, kde jsou plánovány standardní sedadla (zahrnuje i opěradlo a područku), oblast před sedadlem = 300 mm pro nohy sedícího cestujícího, která zahrnuje celou šíři sedadla
- Plánovaná oblast pro stolky a sklápěcí sedačky
- Oblast, mimo schodiště, které jsou nevhodné pro stání díky jejich omezujícím rozměrům (šířka nebo délka menší než 300 mm)
- Oblast omezená pouze pro strojvedoucího a vlakovou četou, anebo oblast, kde je stání zabráněno
- Průchozí a jiné oblasti určené pouze pro nastupování nebo osvětlování
- Oblasti, kde je výška menší než 1850 mm
- Toalety, spací lůžka, mycí plochy nebo podobná zařízení
- Oblast pro zavazadla

Stanovení plochy pro stání a následného zatížení na tyto plochy budu provádět pro dvě varianty. Pro tento výpočet jsem vybral varianty určené pro regionální provoz, které byly určeny, jako nevýhodnější pomocí vícekritériálního hodnocení. Pro výpočet jsem tedy zvolil Variantu 1.2 a Variantu 2.2.

Plochu pro stání jsem stanovil za pomoci programu Autodesk Inventor Professional 2019, kde byly všechny variantní řešení modelovány. Nejdříve jsem si stanovil platnou oblast, dle normy ČSN EN 15663 a následně jsem pomocí funkce MĚŘENÍ, odměřil příslušné oblasti.

6.1.1 Stanovení plochy pro stání a zatížení pro Variantu 1.2

Na obrázku 6.1 je plocha pro stojící cestující znázorněna červeně. Tato plocha odpovídá 25,3 m². Z obrázku je patrné, že hned několik ploch, jako třeba plocha před vstupem do toalety, je pro stání cestujících nevhodné. Pro určení užitečného zatížení vozidla, je ale nutné počítat s maximální možnou obsazeností vozidla.



Obrázek 6.1 - Plocha pro stojící cestující - Varianta 1.2

Pro stanovení užitečného zatížení vozidla jsem pro výpočet volil hodnoty výjimečného užitečného zatížení z normy ČSN EN 15663 pro kategorii MII (osobní vozy odlišné od vysokorychlostních jednotek). Shrnutí použitých hodnot je v tabulce 6.1.

Tabulka 6.1 - Hodnoty výjimečného užitečného zatížení pro MII [ČSN EN 15663]

Výjimečná užitečná zatížení	
Hmotnost cestujícího	70 kg
Prostor pro stání	500 kg/m ² (7 osob/m ²)
Plocha pro zavazadla	100 kg/m ²

Po zvolení hodnot užitečného zatížení, jsem přikročil k výpočtu referenčního zatížení na vůz. Tento výpočet reprezentuji pomocí tabulky 6.2. Pro výpočet jsem v této variantě použil 56 sedících cestujících.

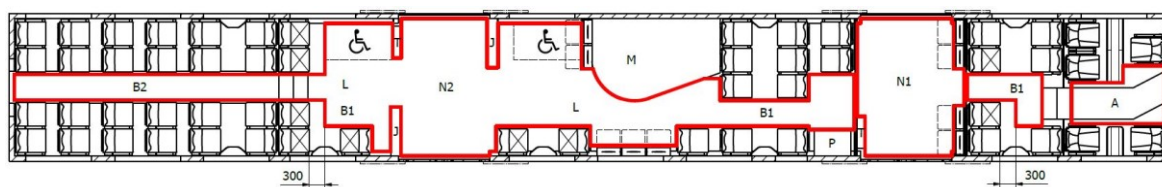
Tabulka 6.2 - Stanovení celkového zatížení vozu - Varianta 1.2

Zatížení na vůz	
Zatížení od sedících cestujících	3920 kg
Zatížení od stojících cestujících	12650 kg
Celkové zatížení na vůz	16570 kg
Celková kapacita (sedící + stojící cestující)	233 osob

Celkové zatížení na vůz od cestujících je tedy pro variantu 1.2 16,6t a celková maximální kapacita vozu je 233 osob z čehož je 177 stojících cestujících.

6.1.2 Stanovení plochy pro stání a zatížení pro Variantu 2.2

Pro variantu 2.2 je plocha pro stojící cestující, zobrazena na obrázku 6.2, opět zvýrazněná červeně. Obsah plochy pro stání se rovná 25 m². I v tomto případě bych z této plochy vyloučil některé oblasti, jako je například plocha v oddíle 1.třídy. Ovšem vzhledem k určení celkového zatížení, musí být zahrnuty všechny plochy, kde je umožněna, z prostorových předpokladů, přeprava stojících cestujících.



Obrázek 6.2 - Plocha pro stojící cestující - Varianta 2.2

Pro stanovení užitečného zatížení jsem použil opět hodnoty definované v tabulce 6.1. Na základě těchto hodnot jsem provedl výpočet zatížení na vůz varianty 2.2. Pro výpočet jsem použil 54 sedících cestujících a zatížení od zavazadel jsem definoval podle 8.2.1, které je konkrétně definováno v tabulce 8.3. Celková hmotnost zavazadel tedy je 149 kg. Výpočet zatížení na vůz je reprezentován v tabulce 6.3.

Tabulka 6.3 – Stanovení celkového zatížení na vůz – Varianta 2.2

Zatížení na vůz	
Zatížení od sedících cestujících	3780 kg
Zatížení od stojících cestujících	12500 kg
Zatížení od zavazadel	149 kg
Celkové zatížení na vůz	16429 kg
Celková kapacita (sedící + stojící cestující)	229 osob

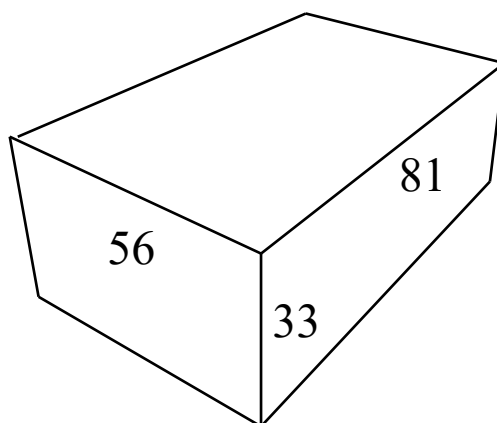
Celkové zatížení na vůz od cestujících je tedy pro variantu 2.2 16,4t a celková maximální kapacita vozu je 229 osob z čehož je 175 stojících cestujících.

7 Návrh police pro velkoobjemová zavazadla

7.1 Návrh police

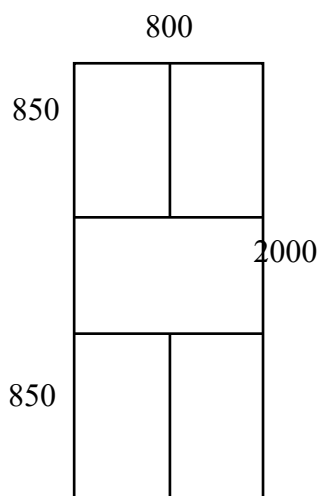
Dalším bodem zadání mé diplomové práce bylo navrhnout polici pro velkoobjemová zavazadla, která má sloužit pro úschovu zavazadel velkých rozměrů a hmotností.

Pro návrh rozměrů police, jsem si potřeboval stanovit referenční rozměry zavazadla, které by mohlo být do této police uschováno. Toto referenční zavazadlo jsem vytvořil tak, že jsem provedl výběr nejobjemnějšího zavazadla, které je v současnosti k dispozici na internetovém e-shopu [15]. Pro návrh jsem tedy vybral referenční zavazadlo o objemu 140 l, s rozměry 81x56x33 cm.



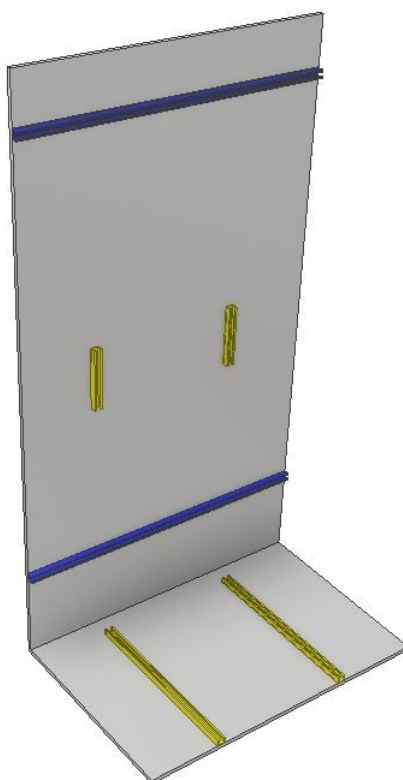
Obrázek 7.1 - Rozměry referenčního zavazadla

Poté, co jsem provedl výběr referenčního zavazadla, provedl jsem prvotní rozvržení police, to znamená, že jsem určil, jakým způsobem budou rozvrženy jednotlivé schránky pro zavazadla. Můj návrh rozložení je na obrázku 7.2, kde lze vidět, že jsem navrhl pět schránek na zavazadla.



Obrázek 7.2 - Návrh rozložení police pro velkoobjemová zavazadla

Hlavní konstrukci police jsem se rozhodl vytvořit jako dvoudílnou, tvořenou uchycovacím rámem a samotnou konstrukcí police, které budou následně spojeny šroubovým spojem. Celá police je následně ve voze uchycena v tzv. C-drážkách, které jsou součástí hrubé stavby. Pozice těchto C-drážek jsem získal od společnosti Škoda VAGONKA a.s. V hrubé stavbě vozidla ovšem byly jen dvě hlavní C-drážky, a proto jsem pro uchycení police přidal dvě C-drážky na stěnu vozu a dvě C-drážky na podlahu. Následně jsem si vytvořil zjednodušený model hrubé stavby. Ten je znázorněn na obrázku 7.3. Původní C-drážky, tažené s profilem, jsou na obrázku zvýrazněny modře a přidané, lepené, C-drážky jsou zvýrazněny žlutě.



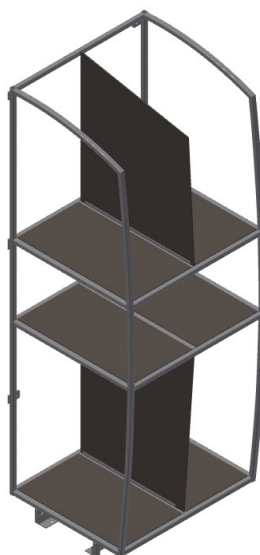
Obrázek 7.3 - Rozložení C-drážek

Konstrukci samotné police [16] jsem se rozhodl vytvořit z čtvercového dutého svařovaného profilu o rozměru 25x25 mm s tloušťkou stěny 3 mm z materiálu vhodného pro svařování, tedy z oceli S235JRH (11 375). Náhled vytvořené konstrukce je na obrázku 7.5, přičemž sestavný výkres a výkresy obou hlavních součástí police jsou v přílohách H, I, J.



Obrázek 7.5 – Konstrukce police pro nadrozměrná zavazadla

Polici jsem nakonec doplnil dřevěnými deskami. Ty jsem použil jako výplň úložných ploch police a jako přepážky mezi jednotlivými schránkami. Celková hmotnost, bez dřevěných desek mi vyšla 83,8 kg bez navýšení o přídavný materiál svarů. Vzhledem k poměrně velkému počtu svarových spojů navyšuji tuto hmotnost o 5 % na konečných 88 kg. Po připočtení hmotnosti dřevěných desek je celková hmotnost police 106,6 kg bez spojovacího materiálu.



Obrázek 7.6 - Sestava police pro velkoobjemová zavazadla

7.2 Návrh na uzamykání jednotlivých schránek

Problém police pro nadrozměrná zavazadla je ten, že je většinou umístěna u nástupních prostorů, čímž vzniká nevýhoda, že zavazadlo, které si zde cestující odloží, je následně bez dozoru. Proto, by bylo pro cestující výhodné, aby každá schránka měla možnost zamknutí. Následujícím problémem je ovšem způsob, jakým by šlo tyto schránky uzavírat. Využití klasických klíčových zámků je v tomto případě velmi problematické, protože zajistit, aby nedošlo ke ztrátě klíčů nebo jejich poškození, je nemožné, ať už v případě zapůjčení klíče při nákupu jízdenky nebo jiným způsobem. Navíc by byla problémová i logistika předávání klíčů. Vzhledem k tomu, aby tato služba zůstala nezpлатněná a vzhledem k poměrně snadné realizaci bych volil zamykací mechanismus, který by místo klasického klíče využíval generovaný digitální kód. Osobně si myslím, že by tímto kódem mohl být například, nyní často používaný QR kód. Výhodou použití tohoto kódu, je podle mého názoru to, že již je dnes tento typ kódu používán na všech typech cestovních dokladů, tištěných na pokladnách i objednaných přes internet. To znamená, že by, co se týče nákupu jízdenky a přepravních podmínek, nedošlo k žádným změnám.

Pro zamykání jednotlivých schránek bych tedy použil mechanismus s řídicí jednotkou se čtečkou QR kódů, a klasickou stahovací roletu opatřenou západkou. Proces zamykání by pak fungoval tak, že po vložení zavazadla do schránky, by cestující stáhnul roletku a k čtečce by přiložil platnou jízdenku s QR kódem. Čtečka by si tímto načetla platný kód a schránku uzamknula. Odemknutí schránky pak by šlo jen s tím stejným QR kódem, přičemž by při odemknutí došlo k přemazání vnitřní paměti čtečky, která by spustila proces zamykání po načtení jiného QR kódu.

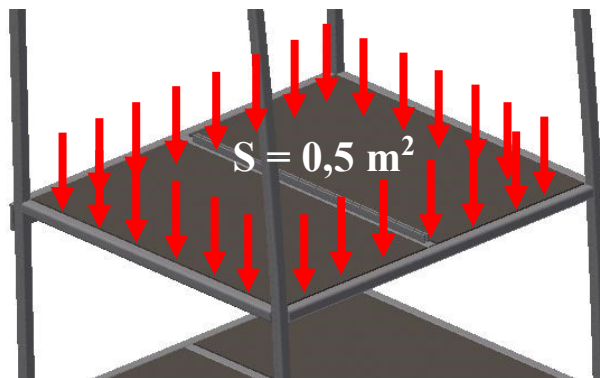
Toto řešení zamykání schránek police pro velkoobjemová zavazadla, je podle mého názoru, poměrně snadno realizovatelné, přičemž potencionální využití této police, i přes to že by cestující neměl polici pod dohledem, by zaručeně vzrostlo.

8 Výpočet police pro velkoobjemová zavazadla

8.1 Zjednodušený pevnostní výpočet odkládací plochy police

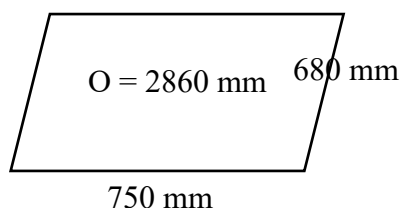
Pro tuto diplomovou práci jsem se rozhodl provést zjednodušenou analytickou pevnostní kontrolu jedné z odkládacích ploch police pro velkoobjemová zavazadla.

V prvním kroku výpočtu jsem musel určit zatížení na tuto plochu. Velikost zatížení pro jakoukoliv odkládací plochu pro zavazadla, stanovuje norma ČSN EN 15663. V této normě je definováno, že pro každou plochu v prostorech pro zavazadla uvažujeme zatížení 100 kg/m^2 . Pro výpočet jsem si následně vybral nejvyšší úložnou plochu police. Tato úložná plocha má celkový obsah, po zaokrouhlení, $0,5 \text{ m}^2$.



Obrázek 8.1 - Zatížení police

Jak je ilustrováno obrázkem 8.1, předpokládám rovnoměrné podélné zatížení. Pro určení konkrétní hodnoty podélného zatížení, bylo potřeba ještě zjistit obvod plochy, na kterou zatížení působí.



Obrázek 8.2 - Obvod plochy police

Následně jsem přikročil k výpočtu zatížení, které jsem navýšil o hmotnost dřevěných desek police.

$$Q = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (8.1)$$

$$\text{pro } 0,5 \text{ m}^2 \rightarrow m_z = 50 \text{ kg}$$

Celková zatěžující hmotnost je pak (8.2).

$$m_c = m_z + m_p = 50 + 5,4 \quad (8.2)$$

$$m_c = \mathbf{55,4 \text{ kg}}$$

m_z ...zatěžující hmotnost dle ČSN EN 15663 [kg]

m_p ...hmotnost dřevěných desek [kg]

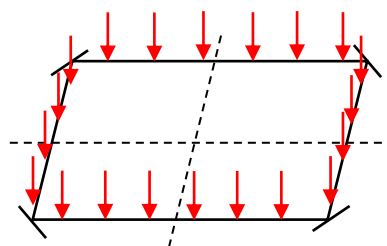
m_c ...celková zatěžující hmotnost [kg]

Hodnota podélného zatížení vychází z (8.3).

$$q = \frac{m_c \cdot g}{O} = \frac{55,4 \cdot 9,81}{2860} \quad (8.3)$$

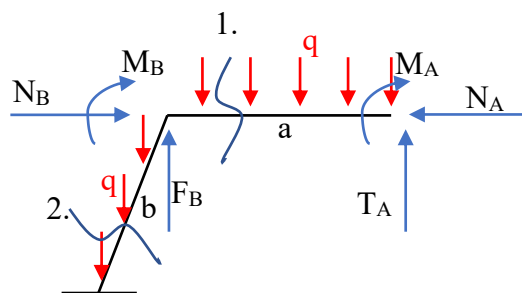
$$q = 0,19 \doteq \mathbf{0,2 \text{ N/mm}}$$

Následně jsem přikročil k výpočtu zvolené police. Pro výpočet jsem polici zjednodušil tak, že jsem neuvažoval se středovým zpevněním police. Dle mého názoru je toto zjednodušení přípustné, neboť odstraněním tohoto vyztužení bude samotný obvodový rám zatížený o něco více, a proto pokud pevnostní kontrola vyhoví pro zjednodušení, vyhověl by rám i se zpevněním. Díky tomuto zjednodušení je tento rám dvakrát osově souměrný a čtyřikrát vetknutý.



Obrázek 8.3 - Náčrt a zatížení rámu

Díky tomu, že je rám symetrický podle dvou os, udělal jsem dva řezy, podle těchto os a následně jsem provedl uvolnění zbylé části rámu. Na obrázku 8.4 je znázorněno rozložení sil a řezy, ve kterých budu provádět výpočet.



Obrázek 8.4 - Uvolnění rámu

Konstanty:

$$a = 375 \text{ mm}$$

$$b = 340 \text{ mm}$$

$$q = 0,2 \text{ N/mm}$$

Jelikož je zatížení police pouze v ose z, pak:

$$N_A = N_B = 0 \quad (8.4)$$

Vzhledem k tomu, že reakce T_A vznikla díky řezu, do kterého ovšem nepůsobí žádná síla pak:

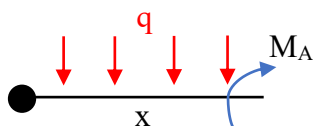
$$T_A = 0 \quad (8.5)$$

Dále jsem určil reakci F_B (8.6). Tato reakce odpovídá posouvající síle ve směru zatížení police. Díky tomu, že podélné zatížení je na celém obvodu police konstantní, je i rozložení zatížení do vazeb police stejnoměrné. To znamená:

$$F_B = \frac{q \cdot O}{4} = \frac{0,2 \cdot 2860}{4} \quad (8.6)$$

$$F_B = 143 \text{ N}$$

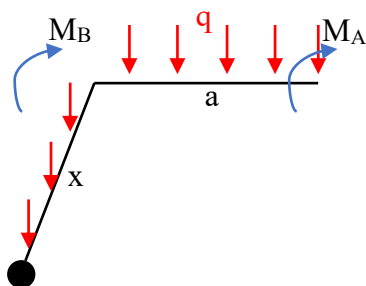
Řez č.1



$$x \leq 0; a)$$

$$M_o = -M_A - q \cdot x \cdot \frac{x}{2} \quad (8.7)$$

Řez č.2



$x = < 0; b)$

$$M_o = -M_A - M_B - q \cdot a \cdot \frac{a}{2} - q \cdot x \cdot \frac{x}{2} \quad (8.8)$$

Po vytvoření momentových rovnic, jsem sestavil dvě deformační podmínky (8.9)(8.10). Tyto deformační podmínky plynou z předpokladu nulového natočení, při působení dvou neznámých momentů.

$$\varphi_A = 0 = \frac{dW}{dM_A} \quad (8.9)$$

$$= \frac{4}{E \cdot I_y} \cdot \int_0^a \left(M_A + q \cdot \frac{x^2}{2} \right) dx + \int_0^b \left(M_A + M_B + q \cdot \frac{a^2}{2} + q \cdot \frac{x^2}{2} \right) dx$$

po integraci a úpravách

$$M_A = -\frac{M_B}{0,5} - 10,9 \text{ Nm}$$

$$\varphi_B = 0 = \frac{dW}{dM_B} \quad (8.10)$$

$$= \frac{4}{E \cdot I_y} \cdot \int_0^b \left(M_A + M_B + q \cdot \frac{a^2}{2} + q \cdot \frac{x^2}{2} \right) dx$$

po integraci a úpravách

$$M_B = -M_A - 17,9 \text{ Nm}$$

Pomocí dvou integračních, podmínek jsem získal dvě rovnice o dvou neznámých. Z těchto rovnic jsem vytvořil soustavu rovnic o dvou neznámých a vypočetl jsem přesné hodnoty ohybových momentů M_A a M_B .

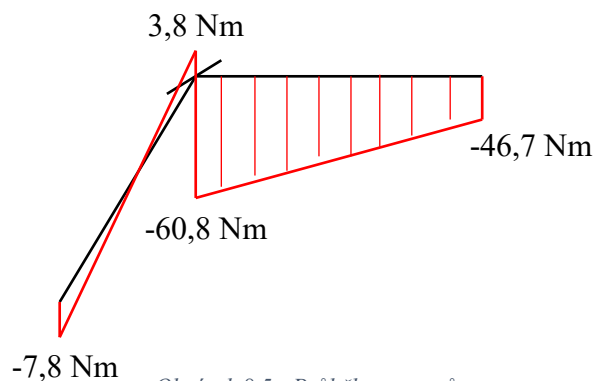
$$M_A = 46,7 \text{ Nm} \quad (8.11)$$

$$M_B = -64,6 \text{ Nm}$$

Vypočítané hodnoty momentů jsem dosadil do momentových rovnic (8.7)(8.8) v jednotlivých řezech. Následně jsem pomocí dosazení hodnot z intervalů pro x , pro příslušné úseky, vypočítal průběh momentů.

Tabulka 8.1 - Průběh momentů v jednotlivých úsecích

Řez 1	
$x = 0$	-46,7 Nm
$x = a$	-60,8 Nm
Řez 2	
$x = 0$	3,8 Nm
$x = b$	-7,8 Nm



Obrázek 8.5 - Průběh momentů

Vzhledem k použití analytického výpočtu, vzniká problém v místě pevné vazby, kde jsou protilehlé ohybové momenty. Tento uzel nelze řešit klasickou pružností a pevností. Pro výpočet je nejlepší použít výpočetní metodu MKP. Tento výpočet již ale v této diplomové práci provádět nebudu. Proto pro stanovení bezpečnosti police použiji největší ohybový moment z okrajových podmínek, konkrétně $M_o = 46,7 \text{ Nm}$.

Výpočet bezpečnosti vychází z výpočtu ohybového napětí (8.12):

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{46700}{1910} \quad (8.12)$$

$$\sigma = 24,45 \text{ MPa}$$

σ ...ohybové napětí [MPa]

M_o ...maximální ohybový moment [Nmm]

W_o ...modul průřezu pro dutý profil 25x25x3[mm³]

$$k = \frac{Re}{\sigma} = \frac{235}{24,45} \quad (8.13)$$

$$k = 9,6$$

k ...koeficient bezpečnosti [-]

Re ...mez kluzu (pro ocel S235JRH)

Hodnota bezpečnostního koeficientu jasně říká, že je police, vzhledem k zatížení, zcela dostatečná. Velká hodnota spíše napovídá, že je zde velká rezerva pro případné odlehčení nebo úpravu konstrukce.

8.2 Výpočet uchycení police pro velkoobjemová zavazadla

Uchycení police ve voze jsem provedl pomocí kamenů do C-drážek, které fungují jako matice, a šroubů. Celý šroubový spoj musí být doplněn podložkami a přechodkami jiných materiálů, například plastů, tak, aby nedošlo ke kontaktu hliníkové hrubé stavby s ocelovou konstrukcí police. To je důležité proto, aby nevzniklo mezi těmito materiály ke elektrolytické korozi.

8.2.1 Stanovení velikosti zatížení

Velikost zatížení v jednotlivých osách tvoří především konstrukce police a její hmotnost. Zatížení se ale musí následně upravit podle hodnot stanovenými normou ČSN EN 12663-1, která obsahuje popis druhů mezních zatížení v místech uchycení vybavení, kde jsou specifikovány násobky gravitačního zrychlení pro jednotlivé osy.

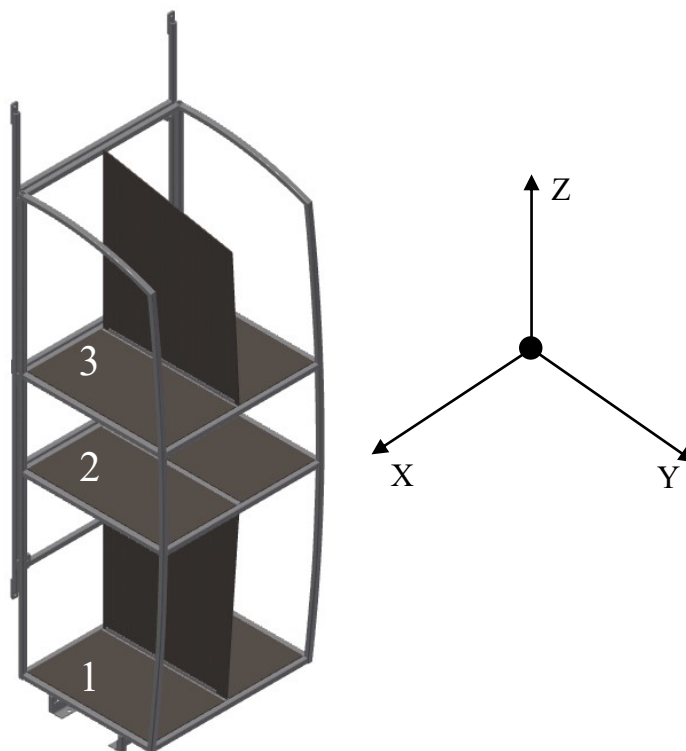
Zatížení v ose x , vzniká při zrychlování a brzděném zpomalování vozidla. Zatížení v ose y , vzniká především při průjezdu obloukem, kde vzniká odstředivá síla. Podle velikosti odstředivé síly, bych mohl určit zatížení na polici, ovšem vzhledem k tomu, že předem neznám poloměry oblouků a rychlost, jakou těmito oblouky bude vozidlo jezdit, vypočítám konečné zatížení dle ČSN EN 12663-1. Zatížení v ose z , vzniká při vyrovnávání nerovností tratě, čímž právě v ose z vzniká pohyb skříně vozidla. Tuto hodnotu lze tedy taky nejlépe vypočítat podle ČSN EN 12663-1.

V mém případě se jedná o navýšení gravitačního zrychlení podle kategorie P-II. Násobky zrychlení pro jednotlivé osy jsou definovány tabulkou 8.2.

Tabulka 8.2 - Gravitační zrychlení podle ČSN EN 12663-1

Osy vozidla	Gravitační zrychlení pro P-II
x	$\pm 3 \text{ g}$
y	$\pm 1 \text{ g}$
z	$(1 \pm c) \times \text{g}$

V tabulce je vidět, že pro osu z , je navíc nutné definovat konstantu c . Tato konstanta reprezentuje polohu prvku ve vozidla. Pokud se prvek nachází na konci vozu, pak je konstanta $c = 2$. Pokud se prvek nachází ve středu vozidla je $c = 0,5$. Vzhledem k tomu, že můj výpočet směřuje k polici pro velkoobjemová zavazadla, kterou jsem ve svých variantních řešeních umísťoval v okolí nástupních prostorů, volím konstantu $c = 1,2$.



Obrázek 8.6 - Určení polohy police vzhledem k souřadnému systému

Hmotnost police, včetně dřevěných výplní, nosného rámu a svarových spojů je 106,6 kg, přičemž samotná police, s dřevěnou výplní, má hmotnost 86,6 kg. U obou hmotností musí ovšem ještě dojít k navýšení o zatížení od zavazadel. Zatížení od zavazadel jsem určit podle maximálního zatížení na jednotlivé police, dle ČSN EN 15663, které jsou označeny na obrázku 8.6.

Tabulka 8.3 – Maximální hmotnost zavazadel

Police	Maximální hmotnost zavazadel
1	47 kg
2	52 kg
3	50 kg
Σ	149 kg

Konečná hmotnost samotné police s zavazadly je tedy 235,6 kg a hmotnost police se zavazadly, včetně nosného rámu je 255,6 kg.

Dvě rozdílné hmotnosti jsou potřeba proto, že na polici jsou použity tři typy šroubových spojů, které mají rozdílné zatížení. Těmito šroubovými spoji jsou:

- a) Uchycení do C-drážek ke stěně vozu
- b) Uchycení do C-drážek k podlaze vozu
- c) Šroubový spoj police s nosným rámem

Pro první dvě varianty musí být zahrnuta celá hmotnost police, naproti tomu u varianty c, započítávám jen hmotnost samotné police, vzhledem k tomu, že tento šroubový spoj není určený pro nesení nosného rámu. Zatížení police v jednotlivých osách plyne z následujícího vztahu (8.14).

$$G_{oi} = (m_p + m_r) \cdot g_{oi} \quad (8.14)$$

G_{oi} ...zatížení pro i-tou osu [N]

m_p ...hmotnost police [kg]

m_r ...hmotnost nosného rámu [kg]

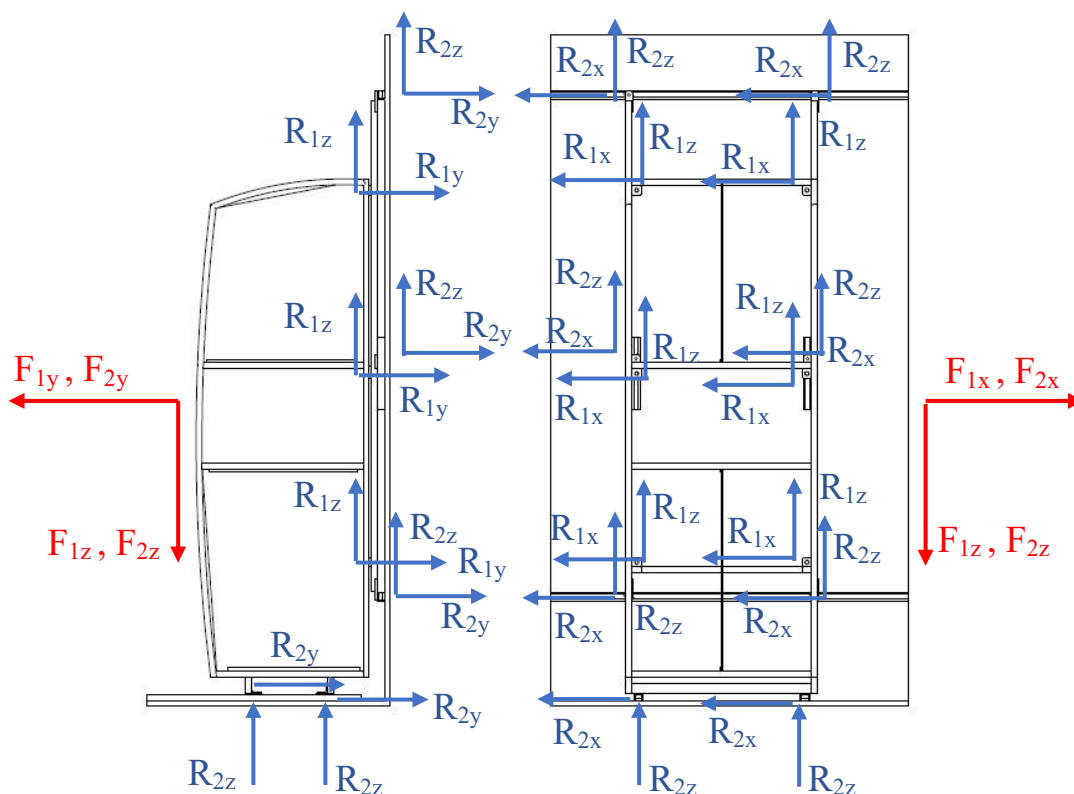
g_{oi} ...násobek tíhové zrychlení pro i-tou osu [m.s^{-2}]

V následující tabulce 8.4, jsou konečné hodnoty zatížení šroubových spojů v jednotlivých osách:

Tabulka 8.4 - Hodnoty zatížení na šroubové spoje v jednotlivých osách

	osa X	osa Y	osa Z
Police (F_{1xyz})	6933,7	2311,2	5084,7
Police + nosný rám (F_{2xyz})	7522,3	2507,4	5516,4

Všechny hodnoty v tabulce 8.4 jsou v N.



Obrázek 8.7 - Rozložení sil na polici

Z obrázku 8.7 je patrné, že zatížení od police bez nosného rámu je přeneseno do šesti šroubových spojů, u kterých předpokládám, pro zjednodušení výpočtu, rovnoměrné rozložení zatížení, a proto jsou reakce ve všech šroubových spojích, pro jednotlivé osy, totožné.

$$R_{1x} = \frac{F_{1x}}{6} = \frac{6933,7}{6} \quad (8.15)$$

$$R_{1x} = \mathbf{1155,6 \text{ N}}$$

$$R_{1y} = \frac{F_{1y}}{6} = \frac{2311,2}{6} \quad (8.16)$$

$$R_{1y} = \mathbf{385,2 \text{ N}}$$

$$R_{1z} = \frac{F_{1z}}{6} = \frac{5084,7}{6} \quad (8.17)$$

$$R_{1z} = \mathbf{847,5 \text{ N}}$$

Pro zatížení od police, včetně nosného rámu, slouží k uchycení deset šroubových spojů, u kterých rovněž předpokládám rovnoměrné rozložení zatížení ve všech osách.

$$R_{2x} = \frac{F_{2x}}{10} = \frac{7522,3}{10} \quad (8.18)$$

$$R_{2x} = 752,2 \text{ N}$$

$$R_{2y} = \frac{F_{2y}}{10} = \frac{2507,4}{10} \quad (8.19)$$

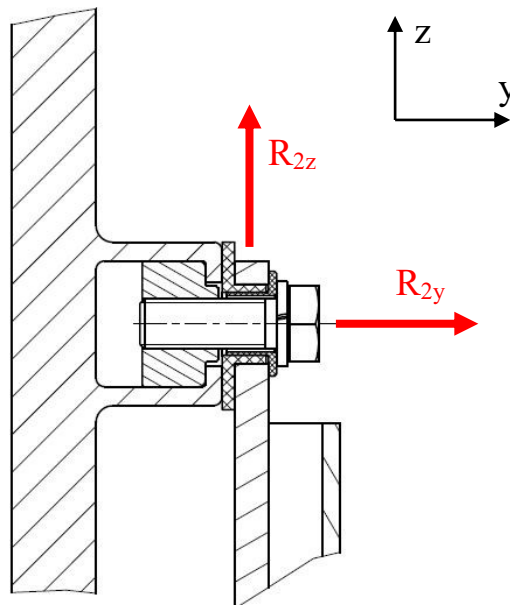
$$R_{2y} = 250,7 \text{ N}$$

$$R_{2z} = \frac{F_{2z}}{10} = \frac{5516,4}{10} \quad (8.20)$$

$$R_{2z} = 551,6 \text{ N}$$

8.2.2 Uchycení police do C-drážek ke stěně vozu [17][18]

Šroubový spoj tvoří kámen v C-drážce, vymezovací podložka mezi ocelovým rámem police a hrubou stavbou, vymezovací vložka mezi šroubem a rámem police, pružná podložka a šroub. Vymezovací podložka a vymezovací vložka jsou z PPS plastu. Kámen musí být vyroben z materiálu, který nebude vyvolávat elektrolytickou korozi v kontaktu s hrubou stavbou skříně vozidla. Jedním z vhodných materiálů je například nerezová ocel. Vzhledem k volbě materiálu kamene, je vhodné taky zvolit stejný materiál pro šroub a podložku. Rozložení zatížení šroubového spoje je na obrázku 8.8.



Obrázek 8.8 - Uchycení police ke stěně vozu

Pro tento šroubový spoj jsem zvolil:

ŠROUB M12 - 35 DIN933/A4-70

Vnější průměr závitu	$d = 11,966 \text{ mm}$
Střední průměr závitu	$d_2 = 10,829 \text{ mm}$
Malý průměr závitu	$d_3 = 9,819 \text{ mm}$
Stoupání	$P = 1,75$
Úhel profilu závitu	$\beta = 60^\circ$
Součinitel tření	$f_z = 0,4$
Součinitel bezpečnosti	$k = 3$
Mez kluzu	$R_e = 450 \text{ MPa}$

PODLOŽKA 12 ČSN 02 1741

Ověření samosvornosti

Úhel stoupání závitu

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{P}{\pi \cdot d_2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1,75}{\pi \cdot 10,829} \right) \quad (8.21)$$
$$\gamma = 2,95^\circ$$

Redukovaný třecí úhel

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,4}{\cos \frac{60}{2}} \right) \quad (8.22)$$
$$\varphi = 24,8^\circ$$

Podmínka samosvornosti je splněna: $\gamma \leq \varphi$

Pevnostní kontrola šroubu

V tomto případě je šroub namáhaný kombinovaným namáháním. V ose šroubu tahem a kolmo na osu šroubu smykem. Vzhledem k tomu, že šroubový spoje je navržený jako spoj přenášející zatížení tvarovým stykem, nesmí dojít k pohybu mezi policí a hrubou stavbou. Tuto podmínku zajistím předpětím šroubu, které musí být větší než největší síly působící kolmo na osu šroubu. Následně provedu výpočet redukovaného napětí provedu podle teorie HMM.

Předpětí v ose šroubu

Vycházím z podmínky (8.23)

$$R_{2x} \leq F_T \rightarrow R_{2x} \leq F_p \cdot f \quad (8.23)$$
$$F_p = \frac{R_{2x} \cdot k}{f} = \frac{752,2 \cdot 3}{0,5}$$
$$F_p = 4513,2 \text{ N}$$

F_T ...třecí síla [N]

F_p ...síla předpětí [N]

f ...součinitel tření (plast/hliník (zdrsněné povrchy) – 0,5) [-]

Abych dosáhl požadovaného předpětí, bude šroub namáhán utahovací silou, která vyvozuje krouticí moment a tím napětí v krutu.

Utahovací síla na šroub

$$F_u = F_p \cdot \tan(\gamma + \varphi) = 4513,2 \cdot \tan(24,8 + 2,95) \quad (8.24)$$

$$F_u = \mathbf{2374,5\ N}$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_u \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{2374,5 \cdot \frac{10,829}{2}}{\frac{\pi \cdot 9,819^3}{16}} \quad (8.25)$$

$$\tau_k = \mathbf{69,2\ MPa}$$

Napětí v tahu

$$\sigma_t = \frac{R_{2y} + F_p}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2} = \frac{250,7 + 4513,2}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{10,829 + 9,819}{2}\right)^2} \quad (8.26)$$

$$\sigma_t = \mathbf{56,9\ MPa}$$

Redukované napětí podle HMM

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{56,9^2 + 3 \cdot 69,2^2} \quad (8.27)$$

$$\sigma_{red} = \mathbf{132,7\ MPa}$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} = \frac{450}{3} \quad (8.28)$$

$$\sigma_{DOV} = \mathbf{150\ MPa}$$

Vzhledem k tomu, že $\sigma_{DOV} \geq \sigma_{red}$, je pevnostní podmínka šroubu splněna.

Kontrola výšky matice

Tato kontrola vychází z výpočtu tlaku v závitu (8.30). Pro tento výpočet, potřebuji znát počet závitů matice (8.29).

$$z = \frac{h}{p} = \frac{18}{1,75} \quad (8.29)$$

$$z = 10,3 \rightarrow \mathbf{10 \text{ závitů}}$$

h ...výška matice (kamene) [mm]

$$p = \frac{R_{2y} + F_p}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot z} = \frac{250,7 + 4513,2}{\pi \cdot 10,829 \cdot \frac{11,966 - 10,1}{2} \cdot 10} \quad (8.30)$$

$$p = \mathbf{15 \text{ MPa}}$$

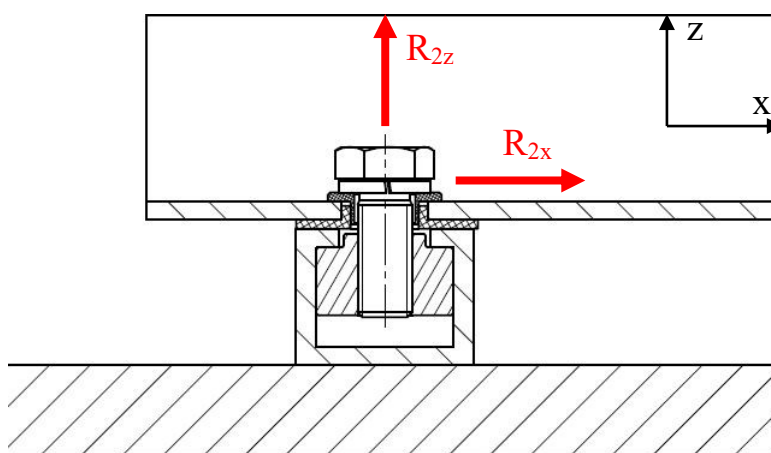
D_1 ...malý průměr závitů matice (kamene) [mm]

Aby závit v kameni vydržel vypočítaný tlak, musí být kámen vyroben z hliníkové slitiny s pevnostní třídou alespoň 4.6. Pro tento šroubový spoj s vyšší bezpečností ovšem doporučuji hliníkovou slitinu s pevnostní třídou 6.8.

$$p_D = \mathbf{45 \text{ MPa}} > p \quad (8.31)$$

8.2.3 Uchycení police do C-drážek k podlaze vozu [17][18]

Šroubový spoj tvoří opět kámen v C-drážce, vymežovací podložka mezi ocelovým rámem police a hrubou stavbou, vymežovací vložka mezi šroubem a rámem police, pružná podložka a šroub. Vymežovací podložka a vymežovací vložka jsou z PPS plastu. Materiál kamene, podložky a šroubu je jako v předchozím případě nerezová ocel. Rozložení zatížení šroubového spoje je na obrázku 8.9.



Obrázek 8.9 - Uchycení police k podlaze vozu

Pro tento šroubový spoj jsem vybral:

ŠROUB M12 - 30 DIN933/A4-70

PODLOŽKA 12 ČSN 02 1741

Parametry šroubu a podmínek, jako je bezpečnost nebo koeficient tření, jsou totožné jako v předchozím případě.

Vzhledem k totožným parametrům šroubového spoje, je podmínka samosvornosti splněna.

Pevnostní kontrola šroubu

Jako v předchozím případě je šroub namáhaný kombinovaným namáháním. Oproti předchozímu případu se ale změnila síly do jednotlivých os šroubu, a právě proto je potřeba provést pevnostní kontrolu.

Předpětí ve šroubu

Vycházím z podmínky (8.32)

$$R_{2x} \leq F_T \rightarrow R_{2x} \leq F_p \cdot f \quad (8.32)$$

$$F_p = \frac{R_{2x} \cdot k}{f} = \frac{752,2 \cdot 3}{0,5}$$

$$F_p = \mathbf{4513,2\,N}$$

Utahovací síla na šroub

$$F_u = F_p \cdot \tan(\gamma + \varphi) = 4513,2 \cdot \tan(24,8 + 2,95) \quad (8.33)$$

$$F_u = \mathbf{2374,5\,N}$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_u \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \frac{2374,5 \cdot \frac{10,829}{2}}{\frac{\pi \cdot 9,819^3}{16}} \quad (8.34)$$

$$\tau_k = \mathbf{69,2\,MPa}$$

Napětí v tahu

$$\sigma_t = \frac{R_{2z} + F_p}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2} = \frac{551,6 + 4513,2}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{10,829 + 9,819}{2}\right)^2} \quad (8.35)$$

$$\sigma_t = \mathbf{60,5\,MPa}$$

Redukované napětí podle HMM

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{60,5^2 + 3 \cdot 69,2^2} \quad (8.36)$$

$$\sigma_{red} = \mathbf{134,3 \text{ MPa}}$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} = \frac{450}{3} \quad (8.37)$$

$$\sigma_{DOV} = \mathbf{150 \text{ MPa}}$$

Vzhledem k tomu, že $\sigma_{DOV} \geq \sigma_{red}$, je pevnostní podmínka šroubu splněna.

Kontrola výšky matice

Počet závitů je totožný jako s předchozím případem, protože je pro tento spoj použita C-drážka se stejnými rozměry, proto přikročí rovnou ke kontrole.

$$p = \frac{R_{2z} + F_p}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot z} = \frac{551,6 + 4513,2}{\pi \cdot 10,829 \cdot \frac{11,966 - 10,1}{2} \cdot 10} \quad (8.38)$$

$$p = \mathbf{16 \text{ MPa}}$$

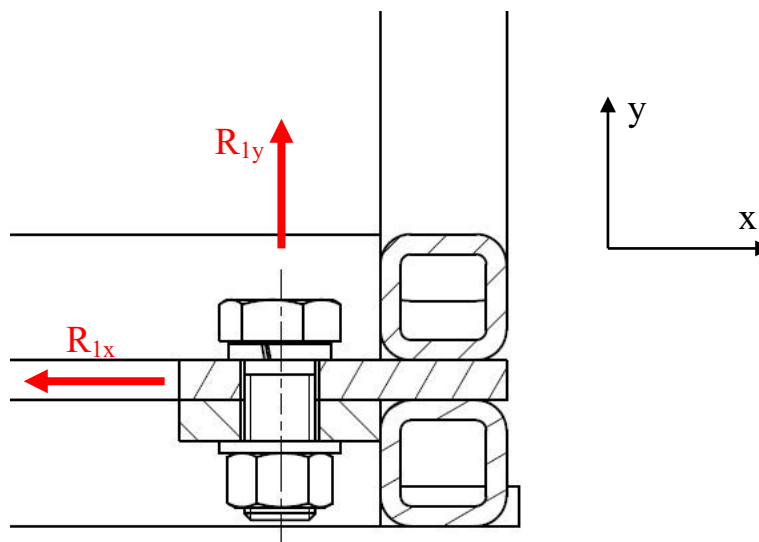
D_1 ...malý průměr závitu matice [mm]

Materiál matice volím stejně jako v předchozím případě hliníkovou slitinu s pevnostní třídou 6.8.

$$p_D = \mathbf{45 \text{ MPa}} > p \quad (8.39)$$

8.2.4 Šroubový spoj police s nosným rámem [17][18]

Tento šroubový spoj je tvořen šroubem, pružnou podložkou, jednoduchou podložkou a šestihrannou maticí. Vzhledem k tomu, že zde nedochází ke kontaktu ocelového rámu s hliníkovou skříní, není potřeba doplňovat šroubový spoj o vymežovací prvky. Další výhodou je, že spojovací materiál, nemusí být ze speciální nerezové oceli. Zatížení tohoto šroubového spoje je na obrázku 8.10.



Obrázek 8.10 - Uchycení police k nosnému rámu

Pro tento šroubový spoj jsem zvolil:

ŠROUB M14 – 35 ČSN EN 24017

Vnější průměr závitu	$d = 13,962 \text{ mm}$
Střední průměr závitu	$d_2 = 12,663 \text{ mm}$
Malý průměr závitu	$d_3 = 11,508 \text{ mm}$
Stoupání	$P = 2$
Úhel profilu závitu	$\beta = 60^\circ$
Součinitel tření	$f_z = 0,4$
Součinitel bezpečnosti	$k = 3$
Mez kluzu	$Re = 320 \text{ MPa}$

PODLOŽKA 14 ČSN 02 1740

PODLOŽKA 14 ISO 7092 ST

MATICE M17 ČSN EN 24032

Ověření samosvornosti

Úhel stoupání závitu

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{P}{\pi \cdot d_2} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2}{\pi \cdot 12,663} \right) \quad (8.40)$$

$$\gamma = 2,87^\circ$$

Redukovaný třecí úhel

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,4}{\cos \frac{60}{2}} \right) \quad (8.41)$$

$$\varphi = 24,8^\circ$$

Podmínka samosvornosti je splněna: $\gamma \leq \varphi$

Pevnostní kontrola šroubu

Šroub je opět namáhán kombinovaným namáháním. Na rozdíl od předchozích dvou případů, nesmí v tomto případě dojít k posunu mezi policí a nosným rámem. Této podmínky dosáhnou vytvořením předpětím šroubu, které musí odpovídat podmínce (8.42).

Předpětí v ose šroubu

$$R_{1x} \leq F_T \rightarrow R_{1x} \leq F_p \cdot f \quad (8.42)$$

$$F_p = \frac{R_{1x} \cdot k}{f} = \frac{1155,6 \cdot 3}{0,78}$$

$$F_p = \mathbf{4444,6\ N}$$

f ...součinitel tření (ocel/ocel – 0,78) [-]

Abych dosáhl požadovaného předpětí, bude šroub namáhán utahovací silou, která vyvozuje kroutící moment a tím napětí v krutu.

Utahovací síla na šroub

$$F_u = F_p \cdot \tan(\gamma + \varphi) = 4444,6 \cdot \tan(24,8 + 2,87) \quad (8.43)$$

$$F_u = \mathbf{2330,5\ N}$$

Napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_u \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{2330,5 \cdot \frac{12,663}{2}}{\frac{\pi \cdot 11,508^3}{16}} \quad (8.44)$$

$$\tau_k = \mathbf{49,3\ MPa}$$

Napětí v tahu

$$\sigma_t = \frac{R_{1y} + F_p}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2} = \frac{385,2 + 4444,6}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{12,663 + 11,508}{2}\right)^2} \quad (8.45)$$

$$\sigma_t = \mathbf{42,1\ MPa}$$

Redukované napětí podle HMM

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{42,1^2 + 3 \cdot 49,3^2} \quad (8.46)$$

$$\sigma_{red} = \mathbf{95,2\ MPa}$$

Dovolené napětí

$$\sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} = \frac{320}{3} \quad (8.47)$$

$$\sigma_{DOV} = \mathbf{106,6 \text{ MPa}}$$

Vzhledem k tomu, že $\sigma_{DOV} \geq \sigma_{red}$, je pevnostní podmínka šroubu splněna.

Kontrola výšky matice

Kontrola vychází z výpočtu tlaku v závitu (8.49). Pro tento výpočet, potřebuji znát počet závitů matice (8.48).

$$z = \frac{h}{P} = \frac{10,8}{2} \quad (8.48)$$

$$z = 5,4 \rightarrow \mathbf{5 \text{ závitů}}$$

h ...výška matice [mm]

$$p = \frac{R_{1y} + F_p}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot z} = \frac{385,2 + 4444,6}{\pi \cdot 12,663 \cdot \frac{13,962 - 11,835}{2} \cdot 5} \quad (8.49)$$

$$p = \mathbf{22,8 \text{ MPa}}$$

D_1 ...malý průměr závitu matice [mm]

Materiál šroubu a matice je totožný, proto povolený tlak odpovídá materiálu s třídou pevnosti 4.8.

$$p_D = \mathbf{75 \text{ MPa}} > p \quad (8.50)$$

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo především provést řešení modulárního interiéru pro jednopodlažní jednotku od společnosti Škoda, ve vztahu k platným legislativním požadavkům. Na základě tohoto zadání bylo zpracováno sedm alternativ, které jsem následně hodnotil pomocí vícekriteriálního hodnocení, díky němuž jsem určil, jaké alternativy jsou nejvýhodnější. Všechny alternativy jsem pak navíc hodnotil ze svého pohledu, kde jsem vždy uvedl výhody a nevýhody jednotlivých alternativ a podněty k jejich možné úpravě.

V druhé části práce jsem provedl návrh police pro velkoobjemová zavazadla, kterou jsem následně podrobil zjednodušené pevnostní kontrole, která se skládala z pevnostní kontroly jedné plochy pro ukládání zavazadel a z pevnostní kontroly uchycovacích prvků. Tuto část práce jsem navíc doplnil o návrh pro vylepšení této police, který by zvýšil její užitnou hodnotu.

Diplomová práce, tímto předkládá možná řešení, nejen různých variantních návrhů rozmístění komponentů v interiéru, ale také řešení problémů, která se při návrhu interiéru projevují. Myslím si, že tato diplomová práce obsahuje nová rozložení interiéru, která by mohla při návrhu reálných modulárních interiérů pomoci, a proto si myslím, že jsem splnil cíle, které jsem si na začátku práce stanovil.

10 Poděkování

Tím to bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Janu Fanfulíkovi, Ph.D. Který mě v průběhu práce vedl a dal mi náměty pro zlepšení mé práce a byl nápomocen při schvalování postupů, které jsem použil.

Rád bych také poděkoval panu Ing. Jakubu Tížkovi, za výbornou komunikaci, konzultace a veškeré podklady, které byly základním kamenem při tvorbě této práce.

Nakonec bych rád tímto poděkoval panu Václavu Humplíkovi, za poskytnutí potřebných norem a běžně nedostupné legislativy.

11 Zdroje

- [1] *Škoda VAGONKA a.s.* [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/o-spolecnosti/skoda-vagonka-a-s/>
- [2] Podklady společnosti Škoda VAGONKA a.s.
- [3] *UIC* [online]. Francie, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://uic.org/>
- [4] *Technor.cz* [online]. ČR: Technor print s.r.o, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.technor.cz/technicke-normy-csn.html>
- [5] *Co je technická norma* [online]. ČR: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a statní zkušebnictví, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->
- [6] *CEN* [online]. EU: European Committee of Standardization, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>
- [7] *ERA* [online]. EU: European Union Agency for Railway, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.era.europa.eu/>
- [8] *Technical specifications for Interoperability* [online]. EU: European Railway Agency, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://www.mppi.hr/UserDocsImages/17%20TSIs_Technical%20specifications%20for%20Interoperability.pdf
- [9] *Datasheet of Siemens MIREO* [online]. Siemens: Siemens, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/press/pool/de/feature/2017/mobility/2017-02-mireo/data-sheet-mireo-munich-e.pdf>
- [10] *Obrázky* [online]., 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.google.com/>
- [11] *Stadler FLIRT 160* [online]. Švýcarsko: Stadler, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.stadlerrail.com/en/products/detail-all/flirt160/29/>
- [12] *Stadler FLIRT* [online]. Švýcarsko: Stadler, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.stadlerrail.com/media/pdf/fjoy0908e.pdf>
- [13] *Coradia range: Regional trains to suit all operator needs* [online]. Alstom, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/our-solutions/rolling-stock/coradia-range-regional-trains-suit-all-operator-needs>

- [14] *APLIKACE METOD VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ PŘI HODNOCENÍ KVALITY VEŘEJNÉ DOPRAVY* [online]. Ostrava: VŠB, 2011 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf
- [15] *Nejkufry.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.nejkufry.cz/cestovni-kufr-titan-xenon-xl-809408-01/>
- [16] *Profil dutý svařovaný 25x25* [online]. Ostrava: Ferrona, 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/29092/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-25x3>
- [17] *Ekonstrukter* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://ekonstrukter.cz/>
- [18] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

12 Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - Prostor pro návrh interiéru	11
Obrázek 2.1 - Struktura členění TSI pro konvekční železniční systém.....	13
Obrázek 2.2 - Rozteče sedadel definované dle TSI [TSI 1300/2014/EU].....	17
Obrázek 2.3 - Rozteče sedadel definované dle UIC [UIC 567].....	17
Obrázek 2.4 - Rozteče sedadel 1. a 2.tř. dle požadavků provozovatelů	18
Obrázek 3.1 - Siemens MIREO [10]	20
Obrázek 3.2 - Multifunkční prostor vloženého vozu Siemens MIREO [9].....	20
Obrázek 3.3 - Stadler FLIRT [10]	21
Obrázek 3.4 - Multifunkční prostor vloženého vozu Stadler FLIRT [11].....	22
Obrázek 3.5 - Alstom CORADIA [10]	23
Obrázek 3.6 - Multifunkční prostor vloženého vozu Alstom CORADIA [2]	23
Obrázek 4.1 - Způsoby uchycení sedadel	25
Obrázek 4.2 - Symboly pro označení vyhrazených sedadel [TSI 1300/2014/EU]	26
Obrázek 4.3 - Rozměrová kritéria pro vyhrazená sedadla [TSI 1300/2014/EU].....	26
Obrázek 4.4 - Místo pro invalidní vozík v uspořádání proti sobě [TSI 1300/2014/EU]	29
Obrázek 4.5 - Místo pro invalidní vozík v uspořádání za sebou [TSI 1300/2014/EU]	30
Obrázek 4.6 - Místa pro invalidní vozík v uspořádání dva invalidní vozíky proti sobě [TSI 1300/2014/EU].....	30
Obrázek 4.7 - Návrh rozložení UNI WC	32
Obrázek 4.8 - Rozměrové rozložení UNI WC.....	32
Obrázek 4.9 - Zobrazení interiéru UNI WC pomocí perspektivy.....	33
Obrázek 5.1 - VARIANTA 1.1	36
Obrázek 5.2 - VARIANTA 1.2.....	37
Obrázek 5.3 - VARIANTA 1.3	37
Obrázek 5.4 - VARIANTA 2.1	38
Obrázek 5.5 - VARIANTA 2.2.....	38
Obrázek 5.6 - VARIANTA 3.1	39
Obrázek 5.7 - VARIANTA 3.2.....	40
Obrázek 6.1 - Plocha pro stojící cestující - Varianta 1.2	49
Obrázek 6.2 - Plocha pro stojící cestující - Varianta 2.2	50
Obrázek 7.1 - Rozměry referenčního zavazadla	51
Obrázek 7.2 - Návrh rozložení police pro velkoobjemová zavazadla	51
Obrázek 7.3 - Rozložení C-drážek.....	52
Obrázek 7.4 - Náhled konstrukce police.....	52
Obrázek 7.5 - Konstrukce police pro nadrozměrná zavazadla.....	53
Obrázek 7.6 - Sestava police pro velkoobjemová zavazadla.....	53
Obrázek 8.1 - Zatížení police.....	55
Obrázek 8.2 - Obvod plochy police	55
Obrázek 8.3 - Náčrt a zatížení rámu	56
Obrázek 8.4 - Uvolnění rámu	57
Obrázek 8.5 - Průběh momentů	59
Obrázek 8.6 - Určení polohy police vzhledem k souřadnému systému.....	61
Obrázek 8.7 - Rozložení sil na polici.....	63
Obrázek 8.8 - Uchycení police ke stěně vozu.....	64
Obrázek 8.9 - Uchycení police k podlaze vozu	67
Obrázek 8.10 - Uchycení police k nosnému rámu.....	70

13 Seznam tabulek

Tabulka 2.1 - Hierarchie legislativních požadavků [2].....	16
Tabulka 2.2 - Definované rozteče sedadel.....	17
Tabulka 2.3 - Rozměr výšky sedáku dle TSI a UIC	18
Tabulka 3.1 - Obsaditelnost vloženého vozu Siemens MIREO	21
Tabulka 3.2 -Obsaditelnost vloženého vozu Stadler FLIRT	22
Tabulka 3.3 – Obsaditelnost vloženého vozu Alstom CORADIA	24
Tabulka 4.1 - Minimální počet míst v závislosti na délce vlaku	27
Tabulka 5.1 - Požadavky na jednotlivá variantní řešení interiéru [2].....	34
Tabulka 5.2 - Shrnutí kapacity variantních řešení	40
Tabulka 5.3 - Hodnoty kritérií pro jednotlivé variantní řešení	41
Tabulka 5.4 - Deskriptory podle Saatyho [14]	41
Tabulka 5.5 - Matice preferencí a výpočet normované váhy kritérií.....	42
Tabulka 5.6 - Určení pořadí varianty 1	43
Tabulka 5.7 - Určení pořadí varianty 2	43
Tabulka 5.8 -Určení pořadí varianty 3	43
Tabulka 6.1 - Hodnoty výjimečného užitečného zatížení pro MII [ČSN EN 15663]	49
Tabulka 6.2 - Stanovení celkového zatížení vozu - Varianta 1.2	49
Tabulka 6.3 – Stanovení celkového zatížení na vůz – Varianta 2.2	50
Tabulka 8.1 - Průběh momentů v jednotlivých úsecích.....	59
Tabulka 8.2 - Gravitační zrychlení podle ČSN EN 12663-1	60
Tabulka 8.3 – Maximální hmotnost zavazadel	61
Tabulka 8.4 - Hodnoty zatížení na šroubové spoje v jednotlivých osách.....	62

14 Seznam příloh

Příloha A	Varianta 1.1
Příloha B	Varianta 1.2
Příloha C	Varianta 1.3
Příloha D	Varianta 2.1
Příloha E	Varianta 2.2
Příloha F	Varianta 3.1
Příloha G	Varianta 3.2
Příloha H	VOP-1, Sestava police
Příloha I	VOP-1.1, Konstrukce police
Příloha J	VOP-1.2, Nosný rám
Příloha K	VOP-1.3, Dolní příčka
Příloha L	VOP-1.4, Horní příčka
Příloha M	VOP-1.5, Police – 615, Police – 675, Police - 670